Revue générale des Sciences

pures et appliquées

et Bulletin de la Société Philomatique

T. LIX N°s 5-6 1952

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

La Cybernétique et son développement

1. — Dans la classification des sciences du grand Ampère, le mot cybernétique (du grec kubernètês, pilote) qualifiait l'art de gouverner. Le mot a été repris récemment par M. Norbert Wiener pour désigner une nouvelle discipline définie en bref comme la science de la commande et de la transmission dans les systèmes matériels et, par extension possible, dans les systèmes vivants (1). M. Norbert Wiener était particulièrement qualifié pour ce parrainage puisqu'il est le fondateur d'une partie importante de l'outillage mathématique dont a besoin la nouvelle science. Celle-ci, d'après son objet même, apparaît comme une science de liaison entre diverses disciplines scientifiques et techniques, opérant dans des domaines parfois extrêmement éloignés, mais avec des buts et des moyens analogues sinon identiques. On connaît bien le dispositif schématique utilisé pour représenter une organisation quelconque, par exemple le commandement d'une armée, à l'aide de flèches liant les uns aux autres les divers organismes, les flèches étant dirigées, en principe, du supérieur vers l'inférieur. Dans une tèlle représentation, on voit souvent figurer des constructions latérales reliant entre elles des unités entre lesquelles une certaine coordination particulière est apparue utile ou nécessaire. C'est un peu comme une de ces constructions que se présente la Cybernétique qui aura en partie pour objet

(1) Voir notamment, au sujet de cette extension : A. Moles, *Le rôle de la Cybernétique dans le développement futur de la psychophysiologie*, Revue Générale des Sciences, 1950, n°s 11-12. — P. Chauchard, *Les machines à calculer et la pensée humaine*, Revue Générale des Sciences, 1951, n°s 1-2.

de faire profiter chaque discipline de commande ou de transmission des progrès réalisés par d'autres. Cette remarque fixe en même temps deux écueils que la Cybernétique doit éviter : lier insuffisamment ou absorber abusivement.

On distingue immédiatement deux branches de la nouvelle science : l'une étudiant, d'un point de vue général, la transmission des ordres, ou *signaux* et *messages*, ou encore, comme on dit maintenant, de l'*information* ; l'autre entrant dans le détail du fonctionnement du système particulier étudié. C'est, en gros, à chacune de ces deux branches qu'appartiennent respectivement deux ouvrages français de grand mérite dont il va être brièvement rendu compte.

2. — Le premier de ces livres (2) contient une série de conférences données, sous la présidence de M. Louis de Broglie, par des savants et techniciens spécialistes, série en tout point digne de celles qui l'ont précédée (« Réunions Louis de Broglie »). Les sujets traités se rapportent tous au domaine des *télécommunications*, lequel constitue un apport particulièrement riche à la Cybernétique.

Un signal de télécommunication en voie de transmission est assimilable à un « *processus* », ou à l'évolution aléatoire d'un système c'est-à-dire à l'histoire d'un système, susceptible de prendre, au cours du temps, divers états dont la succession est régie par le hasard. M. R. Fortet, en un article introductif, qu'on eût peut-être aimé un peu plus long, expose les principes des processus, particulièrement du processus stationnaire et du processus de Markoff, pour lesquels l'hérédité est la plus élémentaire. Ceci amène à la définition de la notion d'*entropie* dont l'emploi s'introduit naturellement dans la théorie des signaux.

M. D. Indjoudjan expose le problème du filtrage moderne et de la prédiction des messages : tirer d'un signal déformé le maximum de renseignements. Dans la transmission, en effet, le signal est perturbé par l'addition de signaux parasites inévitables, ou « *bruit* » ; M. A. Blanc-Lapierre, spécialiste de la question, s'occupe des propriétés statistiques du bruit et de ses effets.

M. P. Aigrain étudie ensuite brièvement la théorie de la transmission, basée sur les notions de *quantité d'information* et de *vitesse d'information* (quantité moyenne transmise par unité de temps).

M. J. Oswald attaque une partie relativement récente de la théorie, celle concernant le *signal analytique*, forme complexe du signal réel, qu'il semble commode d'utiliser pour l'étude de la trans-

(2) *La Cybernétique : théorie du signal et de l'information.* Revue d'optique, éditeur, 1951, 318 pages. Prix : 1.600 francs.

mission des signaux ; c'est là un chapitre des plus séduisants, mais auquel manque encore un exposé systématique et didactique. M. D. Gabor, créateur de ce chapitre, montre la liaison de la théorie générale avec la physique quantique.

La mesure de la quantité d'information est étudiée par M. M. J. Ville (théorie), P. Chavasse (intelligiblité) et S. Colombo (pertes d'information par dispersion).

MM. Y. Delbord, J. Icole et E. Picault exposent sommairement l'application technique de la théorie de l'information respectivement à la télévision, au multiplex téléphonique et au codage des télécommunications.

A signaler, enfin, un beau travail de M. P. Marcou sur l'intéressante question de la compression de fréquence par mutilation adéquate du signal.

3. — Le second ouvrage, relatif à la Cybernétique (3), contient également une série de conférences, toutes relatives aux *servomécanismes*, c'est-à-dire, en somme, aux systèmes justiciables de la nouvelle science, et organisées par M. A. Métral. Rappelons, avec celui-ci, qu'on donne le nom de servomécanisme à tout système physique de caractère *automatique*, autrement dit, de façon précise, à tout système physique qui, recevant à *l'entrée* les caractéristiques d'une ou de pluseiurs grandeurs physiques (suivant le « nombre de dimensions » du système), répond, à la *sortie*, suivant une loi donnée et avec une précision donnée, par un mouvement (mécanique, électrique, physiologique...) fonction des différences entre les caractéristiques de ces grandeurs et celles des grandeurs de même nature créés par le système considéré lui-même.

Deux excellentes conférences sont consacrées à la théorie : l'une de M. F. H. Raymond (principes généraux et définitions), l'autre de M. G. Lehmann (théorie de la réaction négative, conditions de stabilité).

Les six autres conférences concernent diverses applications techniques des servomécanismes. M. F. H. Raymond indique le mode d'emploi des servomécanismes en vue de réaliser des opérations arithmétiques, algébriques ou analytiques ; c'est là une technique de grand avenir qui utilise largement les tubes électroniques, oscillographes compris, les potentiomètres et les moteurs et génératrices électriques. Dans une autre conférence, le même auteur s'occupe des calculs automatiques dans le problème du tir.

---

(3) *Analyse, synthèse et position actuelle de la question des servomécanismes.* Editions Sedes, 1949, 2 vol. de 174 et 166 pages. Prix : 500 francs chacun.

M. G. Lehmann donne un exposé relatif aux servomécanismes en usage dans les équipements de radar. M. J. Lœb, traitant des servomécanismes qui comportent une liaison radioélectrique, est amené à brosser un tableau condensé mais intéressant des principes de la transmission radioélectrique : émetteur et récepteur, modulation des trois types (amplitude, fréquence, phase) ; il applique ensuite ces principes au cas des servomécanismes.

M. P. Colombani traite de la question capitale des servomécanismes en aviation : pilote automatique, atterrissage sans visibilité, télémesures, etc...

Enfin, M. A. Pommellet parle des utilisations variées des servomécanismes à bord des navires (machines et tir), avec cette particularité de l'emploi des fluides sous pression (huile, eau, air, vapeur).

Gustave GUILLAUMIN.

Les Livres Reçus

ANGOT (André). — Compléments de Mathématiques à l'usage des Ingénieurs de l'Electrotechnique et des Télécommunications (Ed. de la Revue d'Optique, Paris).

BAUDEZ (G.). — Le hasard et les causes rythmées (Dunod, Paris).

BEACHAM (T. E.). — Pipe resistance for hydraulic, lubricating and fuel oils and other non-aqueous liquids (E. et F. N. Spon, Londres). 18 sch.

CAILLEUX (André). — La Géologie (Collection « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris).

CHATELLUN (Louis). — Calcul Vectoriel. Tome I : Algèbre, algèbre linéaire, applications, (Gauthier-Villars, Paris). 5.000 francs.

GOUFFIGNAL (L.). — Les machines à penser (Ed. de Minuit, Paris).

COULOMB (J.). — La Constitution physique de la Terre (Collection Sciences d'Aujourd'hui, Albin Michel, Paris). 750 francs.

DELACHET (A.) et MOREAU (J.). — La Géométrie descriptive et ses applications (Collection « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris).

DUBOSCH (Ch.). — Egouts publics. Epuration (Eyrolles, Paris). 2.900 francs.

GOLDMAN (Edward-Alphonso). — Biological Investigations in Mexico (Smithsonian Institution Washington).

HAURE (Horace). — Préparation mécanique et concentration des minerais par flotation et sur liqueurs denses (Béranger, Liége et Paris). 6.500 fr.

LEPINE (Pierre). — Dictionnaire Français-Anglais et Anglais-Français des termes médicaux et biologiques (Ed. Médicales Flammarion, Paris).

MASSAIN (A.). — Chimie et Chimistes (Magnard, Paris).

Expérience et raisonnement en géométrie

par Paul ROSSIER

La géométrie a pour objet l'étude de l'espace ; l'espace est une notion première, donc indéfinissable. Toute science est l'expression de relations entre des éléments fondamentaux appartenant à un certain groupe. Les principaux éléments fondamentaux de la géométrie sont les points, les lignes et les surfaces ; parmi ces dernières, les droites et les plans jouent un rôle important.

Les géomètres modernes ne pensent pas que ces notions sont des données *a priori* de notre esprit ; ils estiment qu'elles résultent de l'élaboration de résultats d'expériences nombreuses faites par l'enfant en bas âge, avant l'apparition de la mémoire consciente et exprimable.

⁂

La notion de point est suggérée par les objets de petites dimensions. A l'échelle humaine, l'expérience montre la divisibilité pratiquement indéfinie des solides. Le petit enfant acquiert la notion de sa position et celle de ses jouets, gros ou petits. Puis l'esprit extrapole ces idées de position et de divisibilité : après un passage à la limite, la notion de point est atteinte.

Quelques géomètres ont tenté de définir le point : ces essais ont échoué. Il n'a été possible que d'énoncer des propriétés du point, en insistant sur celles qui sont utiles dans l'élaboration ultérieure de la science.

⁂

Les fils, les rayons lumineux nous suggèrent la notion de ligne. Par un passage la limite, nous imaginons un fil de dimensions transversales indéfiniment petites. Cette opération est en contradiction avec l'expérience ; un moderne ferait état de la constitution particulaire de la matière ; les anciens déjà savaient qu'en réduisant par trop la section d'un fil, on le fait disparaître : il ne peut plus supporter le moindre effort mécanique.

Aurons-nous plus de chance avec les rayons lumineux ? Non, car si l'on réduit les dimensions des diaphragmes qui déterminent un rayon, l'expérience montre un éparpillement de la lumière ; la diffraction, comme disent les physiciens, prend une importance capitale.

Parmi les lignes, la droite joue un rôle important. La notion de droite est suggérée par un rayon lumineux en milieu homogène, par un fil tendu, par une arête de cristal. La notion géométrique de droite résulte d'un travail d'idéalisation. Les expériences faites sur des fils tendus ou des rayons lumineux sont d'une précision imparfaite ; elles suggèrent des énoncés rigoureux obtenus par un passage à la limite.

Les deux propriétés les plus importantes de la droite sont les suivantes : une droite est déterminée par deux de ses points et l'intersection de deux droites est un point.

⁂

Les corps minces tels que les feuilles, naturelles ou artificielles, suggèrent la notion de surface. Celle-ci résulte encore d'une idéalisation avec passage à la limite par évanouissement de l'épaisseur.

Quelques auteurs ont essayé de définir les surfaces en les considérant comme des limites de solides. Les anciens ne pouvaient qu'ignorer l'objection due à la constitution discontinue de la matière. Des difficultés surgissent cependant sans sortir du domaine de la géométrie. Si un solide est limité, on peut en distinguer l'intérieur et l'extérieur. Une surface qui limite un solide a donc deux côtés qui correspondent l'un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur du solide. Or, depuis un peu plus d'un siècle, on a imaginé plusieurs modèles de surfaces à un seul côté. Le plus simple est le « ruban de Mœbius » que l'on obtient comme suit : Soit ABCD un long rectangle de diagonales AC et BD ; collons les deux bords AB et CD en superposant les points A et C d'une part, B et D d'autre part. Si l'on badigeonne le corps obtenu, on constate l'impossibilité de distinguer un côté coloré de l'autre ; on passe continûment d'une face à l'autre ; il n'y a plus d'intérieur ou d'extérieur distincts l'un de l'autre. La définition de la notion de surface comme limite d'un solide manque donc de généralité. Les autres essais de définition ont échoué.

Le plan est caractérisé par la propriété suivante : la droite déterminée par deux points quelconques de cette surface lui appartient en entier. Pour conférer une efficacité logique à cette définition, il faut montrer qu'elle n'est pas en contradiction avec une autre proposition. Les anciens se sont contentés de constater l'existence

physique de corps limités par des portions de plans : surface d'une eau tranquille, faces de cristaux, façades de bâtiments.

⁂

Dans l'espace, il existe des points, des droites et des plans. Portons notre attention sur les points de l'espace. Une des principales propriétés de l'espace ponctuel est sa tridimensionnalité. On entend par là le fait qu'il suffit de trois données, convenablement choisies, pour déterminer un point de l'espace. Les modernes sont parvenus à expliciter le mécanisme psychologique probable de l'élaboration de la tridimensionnalité de l'espace. Voici un résumé de leurs réflexions. La plupart d'entre elles sont basées sur l'observation des enfants et sur des expériences faites sur des aveugles guéris.

Nous sommes renseignés sur les corps de l'espace par trois sens principaux : la vue, l'ouïe et le toucher, auquel il faut adjoindre un sens musculaire.

Pour un instant, faisons abstraction des sens autres que le toucher. Supposons que je mette l'extrémité de mon index droit en contact avec un objet A bien déterminé, un coin de meuble, par exemple. L'expérience montre que je puis effectuer certains déplacements sans que ce contact sois rompu. Je puis mouvoir tout mon corps, donc plusieurs centaines de muscles, en gardant le contact de mon index avec l'objet A. L'expérience enseigne ainsi la variabilité de position du corps et l'invariabilité de certaines de ses parties.

Tout en conservant le contact de mon index avec l'objet A, je puis accomplir de nombreux mouvements en laissant fixes les parties de mon corps sur lesquelles je m'appuie : pieds, siège, etc... Le nombre des muscles autorisés à modifier leur état est alors inférieur à ce qu'il était dans l'expérience précédente : la variété des déplacements a été réduite en passant de la première à la seconde expérience.

Supposons invariable l'appui de mon corps ; l'expérience montre que mon index peut abandonner l'objet A ; je puis alors imposer à mon bras des déplacements variés, mais sans l'intervention d'aucun autre sens que l'état de mes muscles, je sais rétablir le contact de mon index avec l'objet A.

Je sais commander mes muscles de façon à déplacer mon index de gauche à droite, de haut en bas, d'avant en arrière, et cela dans les deux sens. Cet ensemble de trois mouvements me permet toujours de retrouver l'objet A. Si, au contraire, je m'interdis l'un de ces mouvements, il arrivera généralement que je n'atteindrai plus mon

objet. On exprime cette propriété en disant que l'espace musculaire de mon bras est tridimensionnel.

Faisons intervenir le bras gauche. Je sais commander mes muscles gauches de façon à conduire un point quelconque de ma main gauche au contact de l'objet A, et cela, que la main droite le touche ou pas. Autrement dit, l'exploration de l'espace par une seule main a suffi pour me renseigner sur tout l'espace accessible. Cet espace est l'espace musculaire : il est tridimensionnel.

⁂

Portons notre attention sur l'espace visuel. L'expérience montre que, si j'ai repéré un objet au moyen d'un œil, puis que l'on fasse l'obscurité ou que je ferme les yeux, je sais diriger mon regard vers cet objet, au moment où est rétablie la possibilité de le voir. Avec un seul œil (en faisant abstraction du phénomène délicat de l'accommodation), l'expérience montre qu'il suffit de chercher dans deux directions, gauche-droite et haut-bas, pour effectuer ce repérage. L'espace visuel monoculaire est bidimensionnel.

Si l'on opère avec les deux yeux, le phénomène de convergence des yeux fait de l'espace visuel binoculaire un espace tridimensionnel.

⁂

Repérons un objet suffisamment voisin au moyen des yeux ; l'expérience montre que ce seul renseignement suffit pour conduire ma main sur lui. Même si un objet a été vu un instant, nous savons, dans l'obscurité, l'atteindre, en déplaçant tout notre corps en cas de nécessité.

La réciproque est exacte : si un objet a été repéré à la main, nous savons conduire sans ambiguïté notre regard sur lui.

La conclusion de ces expériences est l'identité des espaces visuels et musculaires. L'expérience permet d'étendre cette identité aux espaces auditif, olfactif et même gustatif.

⁂

Insistons encore sur quelques caractères des expériences géométriques : elles portent sur des solides matériels ; elles sont faites à l'échelle humaine.

Nous sommes dans l'impossibilité d'imaginer ce que pourrait être notre géométrie (et aussi la vie) si nous ne disposions que de corps fluides. La physique, la géophysique sont suffisamment avan-

cées pour que nous puissions nous rendre compte que certaines propriétés des solides ne sont pas conservées à des échelles très différentes de celle de l'homme. A l'échelle atomique, la matière n'est ni continue, ni indéfiniment divisible. A l'échelle planétaire ou stellaire, il n'existe pas de solides ; les continents se déforment comme des corps visqueux. Il y a des raisons essentielles, indépendantes de la limitation des forces humaines, qui interdisent de répéter sur des corps très petits ou très grands les expériences de déplacement, de visée, de repérage qui conduisent aux propositions fondamentales de la géométrie. A vouloir appliquer à ces cas extrêmes la géométrie des solides de l'échelle humaine, on risque des mécomptes.

*
**

Si la géométrie n'était qu'une science expérimentale, l'essentiel de son œuvre consisterait à multiplier les expériences précédentes et à obtenir des énoncés portant sur d'autres figures que les points, les droites et les plans. En réalité, quelques découvertes ont été faites par la méthode expérimentale ; cela est exceptionnel.

Le grand titre de gloire des géomètres grecs est d'avoir construit une géométrie rationnelle. Pour cela, ils ont explicité un certain nombre de propositions déduites des expériences enfantines que nous venons de citer. La question de la vérité de ces énoncés ne se posait pas : l'accord avec le monde physique allait de soi. On a pu ainsi croire à l'existence de vérités « évidentes par elles-mêmes ». Ces propositions sont les axiomes.

Dans l'élaboration de la géométrie rationnelle, il apparut rapidement que certaines propositions n'étaient pas réductibles logiquement aux axiomes. On appela « postulats » ou « demandes » des propositions non apparemment évidentes, choisies pour leur fécondité. Grâce à l'adjonction de ces postulats, il fut possible d'édifier une géométrie logique comprenant toutes les relations suggérées par l'expérience et de nombreuses propriétés nouvelles.

Dans ses « Eléments », Euclide fit preuve en ces matières d'une habileté telle que, sur la question des principes, la géométrie ne fit pratiquement aucun progrès pendant deux millénaires. Durant cette période, la science s'est développée ; des figures nouvelles se sont ajoutées aux anciennes ; la liste des théorèmes démontrés et des problèmes résolus s'est allongée. Cet édifice paraissait d'une solidité telle que Voltaire a pu écrire les phrases suivantes : « La géométrie est vraie en toutes ses parties. Les premier principes sur lesquels la géométrie est fondé sont incontestables ; rien de tout cela ne peut changer. »

Avant de montrer combien les principes sont contestables et combien tout cela a changé depuis deux siècles, résumons-nous.

La géométrie est un édifice logique basé sur des axiomes et des postulats suggérés par des expériences nombreuses dont beaucoup remontent si loin dans la petite enfance que leur analyse présente de grandes difficultés. Ou encore, en utilisant le langage des physiciens : la géométrie est une théorie ; quelques expériences ont suggéré des principes ; ceux-ci ont conduit à des théorèmes susceptibles d'une vérification expérimentale précise ; l'expérience a justifié la théorie.

La méconnaissance par les Grecs et leurs successeurs du caractère expérimental des bases de la géométrie a eu des conséquences importantes. Nombreux sont les géomètres qui pensent que l'expression kantienne de l'espace, forme *a priori* et nécessaire de la pensée, n'est autre qu'une expression de cette omission.

⁂

Le nom d'Euclide est resté attaché à un postulat devenu célèbre : si deux droites a et b en coupent une troisième c, les droites a et b se coupent du côté de c où la somme des angles intérieurs de c avec a d'une part, avec b d'autre part, est inférieure à deux droits. Cette proposition est beaucoup trop compliquée pour que sa vérité saute aux yeux. Aussi, les anciens essayèrent-ils de s'en passer. Il fut alors impossible de maintenir tous les théorèmes des Eléments d'Euclide. En particulier, la célèbre propriété de la somme des angles du triangle ne pouvait plus être démontrée.

Moins respectueux de l'antiquité, certains modernes substituèrent d'autres propositions au postulat d'Euclide. Wallis, par exemple, pose l'existence de triangles semblables, c'est-à-dire de triangles de dimensions différentes, mais ayant mêmes angles. Ce postulat admis, l'édifice d'Euclide subsiste entier.

Le postulat le plus simple équivalent à celui d'Euclide est celui des parallèles. Appelons parallèles deux droites d'un plan qui ne se rencontrent pas et posons le postulat suivant : par un point du plan on peut mener une unique droite de ce plan parallèle à une droite donnée de ce plan.

A cet énoncé, on peut faire la critique suivante : la vérification expérimentale de la non-intersection de deux droites n'est jamais entièrement possible, à cause du champ limité des expériences.

***

Malgré des efforts séculaires, il fut impossible de donner à la théorie des parallèles une base intuitive ayant des qualités d'évidence comparables à celles de la plupart des autres propositions fondamentales. C'est ce qui faisait dire à d'Alembert que la théorie des parallèles était le scandale de la géométrie.

Ces difficultés incitèrent deux géomètres du XVIII[e] siècle, Saccheri et Lambert, à chercher, indépendamment l'un de l'autre, des démonstrations indirectes du postulat d'Euclide. Leur idée est la suivante. En se basant sur son postulat, Euclide avait démontré que la somme des angles d'un quadrilatère est égale à quatre droits. Alors, dit Saccheri, construisons un quadrilatère symétrique birectangle ; il suffit pour cela de mener en deux points A et B d'une droite des perpendiculaires égales, AD et BC ; par raison de symétrie, les angles en C et D sont égaux et ils ne peuvent être que droits, aigus ou obtus.

Faisons l'hypothèse qu'ils sont obtus et voyons-en les conséquences. Avec raison, Saccheri constate que l'axiome de l'infinité de la longueur de la droite est en contradiction avec cette hypothèse : il l'exclut donc et s'attaque à l'hypothèse de l'angle aigu. Il croit aussi découvrir une contradiction et démontrer ainsi la nécessité de l'hypothèse de l'angle droit, ce qui revient à justifier le postulat d'Euclide. Malheureusement, la seconde démonstration est fautive : l'hypothèse de l'angle aigu n'est pas exclue par les arguments de Saccheri.

Partant d'un quadrilatère trirectangle, Lambert arrive à une conclusion analogue à celle de Saccheri sur l'exclusion de l'hypothèse de l'angle obtus et ne trouve aucun moyen de traiter celle de l'angle aigu.

A la fin du XVIII[e] siècle, Legendre, toujours en se basant sur l'axiome de l'infinité de la droite, prouve que la somme des angles d'un triangle ne saurait dépasser deux droits. Malgré des efforts soutenus, il lui fut impossible de démontrer que cette somme ne peut pas être inférieure à deux droits. On voit facilement que, si la somme des angles d'un triangle n'est pas supérieure à deux droits, on peut conclure à l'existence d'au moins une parallèle, mais pour en démontrer l'unicité, il faut pouvoir affirmer que cette somme ne peut pas être inférieure à deux droits. C'est précisément sur ce point qu'échouèrent Saccheri, Lambert et Legendre. Cet échec tenait-il à la difficulté de la question, à l'habileté insuffisante des géomètres ?

⁂

Lobatchewski se rendit illustre en prenant le problème à rebours et en créant la géométrie que depuis on a appelée non-euclidienne. Pour cela, il remplace carrément le postulat d'Euclide par une proposition affirmant la multiplicité des parallèles. Sur cette nouvelle base, il élabore une géométrie à la façon d'Euclide.

Comme l'une des propositions de départ de la géométrie non-euclidienne s'écarte de celle d'Euclide qui lui correspond, cette géométrie possède des théorèmes qui diffèrent des énoncés correspondants de la géométrie classique. Par exemple, en géométrie lobatchewskienne, la somme des angles d'un triangle est inférieure à deux droits. La différence est appelée le déficit du triangle. Voici un théorème nouveau : le déficit d'un triangle est proportionnel à son aire.

Si, dans l'élaboration de la géométrie nouvelle, une contradiction interne apparaît, l'absurdité de l'hypothèse de la multiplicité des parallèles sera prouvée et le postulat d'Euclide sera justifié.

La géométrie de Lobatchewski prit une extension aussi grande que la géométrie euclidienne. Aucune contradiction n'apparut. Mais, pensait-on, est-il certain que le développement ultérieur des deux géométries ne conduira jamais à une contradiction ? Si celle-ci devait apparaître en géométrie euclidienne et pas en géométrie lobatchewskienne, Lobatchewski aurait raison contre Euclide, tandis que la victoire irait à ce dernier si c'était la géométrie de Lobatchewski qui était contradictoire. Nous allons voir que cette opposition était infondée et comment on a été conduit à la solidarité logique des deux géométries.

⁂

En 1868, Beltrami, qui étudiait les propriétés d'une certaine surface dite pseudo-sphère, fut conduit à la conclusion suivante : la géométrie de la pseudo-sphère est une géométrie de Lobatchewski. Voyons cela d'un peu plus près.

Sur une surface, on peut imaginer que l'on tend des ficelles. Les lignes ainsi décrites sont appelées des géodésiques de la surface. Un arc de géodésique est déterminé par ses deux extrémités ; trois points de la surface déterminent trois arcs de géodésiques et un triangle de la surface ; deux géodésiques peuvent se couper et, sur certaines surfaces, il peut exister des géodésiques qui ne se coupent pas.

Voici deux propriétés de la pseudo-sphère : la somme des angles d'un triangle de la pseudo-sphère est inférieure à deux droits ; par

un point de la pseudo-sphère, on peut mener une infinité de géodésiques qui ne coupent pas une géodésique donnée. En conclusion, la géométrie lobatchewskienne est valable sur la pseudo-sphère. Mais alors, si cette géométrie est contradictoire, il en est de même de celle de la pseudo-sphère. Or, toutes les propriétés de cette surface peuvent être exprimées en langage euclidien. La contradiction s'étend donc à la géométrie euclidienne. Ainsi est montrée la solidarité logique des deux géométries. La compatibilité de l'une entraîne celle de l'autre et, comme nous n'avons aucune raison de douter de la compatibilité de la géométrie euclidienne, la géométrie non-euclidienne a les mêmes droits que la géométrie classique.

⁂

A cette conclusion, on doit apporter un complément : ce qui précède ne concerne que la géométrie des surfaces, donc à deux dimensions. Or, on connaît des propositions qui sont des théorèmes démontrables en géométrie tridimensionnelle et qui sont des axiomes indémontrables en géométrie bidimensionnelle. Un complément tridimensionnel est donc indispensable.

Quelques années après Beltrami, Klein, puis Poincaré, donnèrent une preuve de la solidarité des deux géométries, valable pour le plan et l'espace. Leurs travaux portent sur des figures différentes ; la méthode est la même pour ces deux savants. Imaginons des objets que nous appellerons pseudo-points, pseudo-droites, pseudo-longueurs, pseudo-angles..., en attachant le préfixe pseudo aux divers termes de la géométrie. Lions ces notions par les mêmes axiomes et postulats que ceux d'Euclide, à l'exception de celui des parallèles que nous remplaçons par celui de Lobatchewski. Cherchons un ensemble de figures de la géométrie euclidienne qui satisfont à ces propositions.

Par exemple, en géométrie plane, les pseudo-droites de Poincaré sont des demi-cercles dont le centre appartient à une droite donnée ; Poincaré modifie la notion de la longueur et conserve celle d'angle. Klein garde la droite mais modifie les définitions des longueurs et des angles.

La géométrie des pseudo-figures précédentes est lobatchewskienne. Si elle est contradictoire, une contradiction apparaît nécessairement en géométrie euclidienne ; par exemple, dans le cas de Poincaré, on trouvera une contradiction dans la géométrie euclidienne des systèmes de cercles. On passe facilement à l'espace : si la géoémétrie non-euclidienne de l'espace est contradictoire, la géométrie euclidienne des sphères est absurde.

La démonstration est ainsi complète de la solidarité logique des deux géométries euclidienne et non-euclidienne. Aucune des deux ne peut avoir le pas sur l'autre. Ainsi s'expliquent les échecs de Saccheri, Lambert et Legendre.

Les deux géométries étant logiquement équivalentes, la question de choisir entre elles n'est pas justiciable du raisonnement. L'est-elle de l'expérience ? Rappelons que les expériences portent sur des solides, des fils tendus, la lumière. C'est dans le complexe de sciences constitué par la géométrie, la mécanique et l'optique, que le choix est peut-être possible. Il ne l'est pas en géométrie pure.

L'expérience permettant de faire ce choix qui actuellement est la plus précise est la suivante : mesurer les trois angles d'un triangle et en calculer la somme. Si on trouve deux droits, l'expérience est favorable à la géométrie euclidienne ; si le résultat est inférieur à deux droits, c'est celle de Lobatchewski qu'il faut choisir.

Le déficit croît avec la grandeur du triangle ; pour donner un caractère décisif à l'expérience, il faut opérer sur de grands triangles. Les triangles géographiques et astronomiques sur lesquels l'expérience est possible ont toujours donné des déficits très petits, souvent négligeables. A la précision des appareils, sur les plus grands triangle accessibles à l'homme, il est impossible de déceler un caractère non-euclidien de la géométrie alliée à l'optique. Les triangles de la physique expérimentale sont donc euclidiens, mais la question de principe reste entière.

***

Une première conclusion relative à la structure de la géométrie s'impose donc : dans l'ensemble des propositions fondamentales, un choix est nécessaire. On décide d'étudier la géométrie euclidienne ou celle de Lobatchewski.

La géométrie est donc un ensemble de sciences déductives, basées sur des propositions dont certaines sont arbitraires. Ces géométries constituent des cadres parmi lesquels les physiciens pourront choisir celui des schémas qui convient le mieux à la représentation des phénomènes qu'ils étudient.

***

Ce choix des axiomes est-il entièrement arbitraire ? Certainement pas, car toute contradiction doit être exclue entre deux propositions, axiomes ou théorèmes. Cette condition de compatibilité est-elle satisfaite pour la géométrie ?

L'étude de cette question nous entraînerait trop loin. Contentons-nous d'affirmer que, par l'intermédiaire de la géométrie analytique, on montre que la compatibilité logique de la géométrie est solidaire de celle de l'arithmétique : si celle-ci est exempte de contradiction, il en est de même de la géométrie et réciproquement.

⁂

La question se pose alors de la possibilité de démontrer la compatibilité logique de l'une de ces deux sciences. Cette démonstration est impossible.

En effet, se poser la question de la compatibilité d'une science, c'est mettre en doute la validité des théorèmes et se donner le droit de contester chacun d'eux. Démontrer la compatibilité, c'est trouver un raisonnement qui conduit au théorème suivant : parmi les axiomes choisis et les théorèmes, il est impossible de trouver deux propositions contradictoires. Or, ce théorème, comme tous les autres, est contestable et le doute subsiste.

On peut espérer démontrer l'incompatibilité d'un système par la découverte de deux propositions contradictoires ; il faut renoncer à démontrer entièrement la validité logique d'une science déductive.

⁂

Ce résultat décevant ne peut qu'inciter les géomètres à analyser très soigneusement les fondements de leur science. Il y a un demi-siècle, Hilbert publiait sur ce sujet un livre devenu aussitôt classique, les « Grundlagen der Geometrie ». Dans cet ouvrage, sont posés les principes de l'axiomatique et des sciences déductives. Voici à peu près comment s'exprime l'auteur : Imaginons des objets auxquels nous attribuons des noms tels que point, droite, plan..., sans que ces termes représentent nécessairement les notions fondamentales ainsi nommées. Entre ces objets, imaginons l'existence de relations que nous exprimerons par des termes tels que être sur, passer par, entre, appartenir, etc... Cela fait, énonçons un certain nombre de propositions en faisant usage des termes précédents. Ces propositions constituent le système des axiomes (ou des postulats, les deux termes sont synonymes) de la science considérée. En appliquant la logique à ces énoncés, nous pouvons être conduits à des propositions nouvelles, dites théorèmes. L'ensemble des théorèmes constitue la science des objets considérés. Cette théorie pourra posséder une ou plusieurs images dans le monde physique ou n'en avoir aucune.

⁂

Donnons un exemple étranger à la géométrie. Entre des objets que nous appellerons des A, posons les axiomes suivants :

I. — Il existe au moins quatre A.

II. — Un A peut en cacher un autre.

III. — La relation exprimée par le terme cacher est transitive, c'est-à-dire que, si A_1 cache A_2 et si A_2 cache A_3, alors A_1 cache A_3.

Dans la science des A, on peut démontrer le théorème suivant : Soient quatre A, A_1, A_2, A_3 et A_4, tels que A_1 cache A_2, A_2 cache A_3, A_3 cache A_4 ; alors A_1 cache A_4.

La démonstration est la suivante : puisque A_2 cache A_3 qui cache A_4, A_2 cache A_4 en vertu de l'axiome III. Mais A_1 cache A_2 qui cache A_4, donc A_1 cache A_4 en vertu du même axiome.

En optique, si l'on attribue au terme A le sens de bille de un centimètre de diamètre et au terme cacher son sens intuitif, les phrases précédentes ont un sens.

Remplaçons maintenant le terme cacher par un autre vide de tout sens intuitif, tel que calculer. Le système d'axiomes et le théorème subsistent, mais aucune des propositions n'a de sens en physique, si les A sont encore de petites billes.

⁂

Les physiciens et les géomètres se proposent de construire des théories abstraites analogues à la précédente, plus vastes et choisies de telle sorte qu'elles aient une ou plusieurs images dans le monde physique. La géométrie, la mécanique rationnelle, l'optique géométrique, l'optique ondulatoire, la thermodynamique, l'électromagnétisme, la chimie théorique, la relativité restreinte ou générale, la génétique sont des exemples de tels systèmes. La multiplicité de ces exemples montre combien nous sommes encore éloignés d'une théorie unique, complète des phénomènes. L'ambition des physiciens est de tendre vers cette universalité.

⁂

L'œuvre axiomatique de Hilbert en géométrie élémentaire n'est pas limitée à l'exposé des principes précédents. L'auteur a classé les axiomes et a cherché à en réduire le nombre. Une théorie est d'autant plus élégante, sur un sujet donné, que le nombre de ses axiomes est plus réduit. Dans ses Grundlagen, Hilbert a effectué un travail approfondi de critique, parfois perfectionné dans les éditions successives de son livre. Il distingue cinq groupes d'axiomes géo-

métriques : appartenance, ordre, congruence, parallèles et continuité, soit au total 20 axiomes. Il s'attache à montrer la nécessité des principaux d'entre eux, si l'on désire obtenir les théorèmes classiques. Parmi les axiomes d'ordre, citons le suivant sur lequel nous aurons à revenir : de trois points alignés, il en est un et un seul qui est entre les deux autres.

Un travail de critique d'envergure comparable n'a été fait que pour l'analyse mathématique, le calcul des probabilités, la géométrie et la mécanique.

⁂

Avant Hilbert, plusieurs mathématiciens se sont posés la question d'élaborer d'autres géométries que celles d'Euclide et de Lobatchewski. Disons quelques mots de deux de ces essais qui ont conduit aux géométries riemaniennes et multidimensionnelles.

A propos du postulat d'Euclide, nous avons rappelé que l'axiome posant l'infinité de la droite avait permis aux géomètres du XVIII^e^ siècle de démontrer la nécessité des parallèles. Il y a près d'un siècle, Riemann est allé plus loin et a renoncé à cet axiome. Il a ainsi élaboré une seconde géométrie non-euclidienne qui est réalisée, à deux dimensions, sur la sphère. Les géodésiques sont alors des arcs de grands cercles. La longueur d'un grand cercle est finie ; deux grands cercles se coupent toujours ; il n'existe pas de parallèles. La somme des angles d'un triangle sphérique dépasse deux droits d'une quantité appelée excès ; cet excès est proportionnel à l'aire du triangle.

Puisque la sphère réalise une géométrie de Riemann à deux dimensions, la solidarité logique des géométries euclidienne et riemanienne bidimensionnelles est certaine. Les méthodes générales de Klein et Poincaré sont applicables à la géométrie riemanienne tridimensionnelle.

La comparaison des axiomes de la géométrie riemanienne avec ceux de la géométrie euclidienne montre trois modifications profondes : la notion de parallèles et l'infinité de la droite sont abandonnées ; en outre, il faut renoncer à un axiome de l'ordre ; en géométrie riemanienne, de trois points alignés, chacun d'eux peut être considéré comme placé entre les deux autres ; cela est évident sur un cercle.

La modification apportée par Riemann dans l'élaboration de sa géométrie est donc plus profonde que celle due à Lobatchewski, car ce dernier ne modifiait qu'un seul des axiomes de la géométrie classique, celui des parallèles.

⁂

C'est le même Riemann qui, l'un des premiers, a étudié des géométries multidimensionnelles, ou à plus de trois dimensions. Parmi les axiomes de la géométrie élémentaire, il en figure un qui est essentiel pour démontrer que la position d'un point de l'espace géométrique dépend de trois coordonnées et de trois seulement. Cet axiome de tridimensionnalité peut prendre des formes diverses, telles que les suivantes : hors de l'espace, il n'existe aucun point, ou bien si deux plans ont un point commun, ils ont une droite commune.

Remplaçons l'axiome de tridimensionnalité par un autre. Par exemple, admettons la possibilité pour deux plans d'avoir un unique point commun. On démontre alors que, pour fixer un point, il faut au moins quatre conditions. Si l'on admet que deux plans non parallèles ont toujours au moins un point commun, il suffit de quatre coordonnées pour fixer un point. On obtient ainsi une géométrie quadridimensionnelle. Il est facile de passer au cas d'un nombre quelconque de dimensions.

⁂

Enfin, on a élaboré des géométries multidimensionnelles avec ou sans parallèles. Durant un demi-siècle, l'imagination des géomètres a pu travailler sans que ces sujets semblent devoir exercer une influence quelconque sur la physique. Poincaré pensait que toujours les physiciens se contenteraient de la géométrie euclidienne. Cependant, à la suite des difficultés que présentait la fusion de la mécanique et de l'électromagnétisme en une science d'ensemble, Lorentz, Minkowski et Einstein étaient conduits, il y a une cinquantaine d'années, à faire usage d'une géométrie quadridimensionnelle euclidienne pour donner une image mathématique simple de ces phénomènes physiques. Dix ans après, pour faire rentrer la gravitation dans cet ensemble, Einstein, dans sa théorie générale de la relativité, renonçait à l'euclidicité de l'espace et faisait usage d'un espace riemannien quadridimensionnel.

⁂

Cet exemple montre le rôle des théoriciens modernes : expliciter et préciser les axiomes, en faire la critique, chercher ceux qui, en tout ou partie, sont des théorèmes, puis construire de vastes schémas où le physicien pourra trouver les cadres qui lui sont utiles dans sa tâche de construire une image du monde. Les critères qui guident les physiciens dans ce choix sont groupés par Poincaré sous le terme de commodité.

Est-ce à dire que géomètres et physiciens ont la même tournure d'esprit ? Certainement pas. La différence la plus nette est peut-être la suivante. Par souci de commodité, le physicien choisira dans l'en-

semble des systèmes offerts par le géomètre, celui qui lui paraît le plus simple, dont l'étude sera la plus rapide ou la plus facile, sans pour cela violenter la physique.

Au contraire, le géomètre se posera la question de savoir si tous les axiomes admis par le physicien sont nécessaires. Souvent le critère vague de commodité ne consiste qu'en des raisons contingentes. Pour le physicien, en quelque sorte, tout système fécond est bon. Le géomètre, au contraire, tâchera d'effectuer un travail d'analyse pour élaguer tout ce qui n'est pas indispensable.

Si l'on fait cette critique sur l'expression verbale en langage ordinaire des principes admis et de leurs conséquences, on constate souvent que l'habitude, la tradition, l'imprécision du langage sont de gros obstacles à un travail sûr. Il y a alors avantage à traduire en un langage symbolique les propositions étudiées. La forme algébrique donnée aux lois est fort utile, car les symboles mathématiques donnent le moyen d'écrire des énoncés très précis et très denses. En peu de signes on dit des choses dont l'énonciation, en langage ordinaire, exigerait de longues et nombreuses phrases. Ce travail exige de ce fait un entraînement très particulier.

⁂

Essayons de nous résumer. Nous avons essayé de donner une vision de la façon dont on peut imaginer que se constitue chez le petit enfant ou chez l'animal une sorte de forme instinctive de l'espace. Dans son désir d'ordonner ses connaissances, l'homme de science a classé des notions et des propositions et les a liées logiquement, puis, à certaines propositions fondamentales, il a substitué d'autre énoncés et a recommencé la construction de systèmes.

Ces schémas ont trouvé des applications dans les sciences physiques, mais les contemporains ont été conduits à faire éclater le cadre euclidien tridimensionnel classique.

Nous laissons aux philosophes le soin de tirer de cette histoire une morale, si elle en a une, c'est-à-dire des conclusions générales sur l'évolution de la pensée. Faisons cependant la remarque suivante. Ce sont les travaux les plus subtils, ceux qui semblent les plus éloignés des applications à la mode qui souvent prennent une actualité inattendue et sont indispensables au développement de la science.

Kepler, découvrant la forme elliptique des orbites planétaires, se serait écrié : « Apollonius a attendu dix-huit siècles une application de ses théories. » L'accélération du progrès scientifique ne serait-elle pas mesurée par le fait qu'un demi-siècle seulement sépare Riemann d'Einstein ?

Paul ROSSIER.

La conversion du rayonnement infrarouge en lumière visible

par Georges DEJARDIN

(*Institut de Physique Générale de l'Université de Lyon*)

L'action de la matière sur le rayonnement donne lieu à des phénomènes très variés. En dehors des effets qui prennent naissance sur les surfaces de discontinuité (réflexion et réfraction régulières, réflexion et transmission diffuses), l'énergie transportée à travers la matière par un faisceau de radiations s'affaiblit progressivement et plus ou moins rapidement. Aucun milieu, à l'exception du vide, n'est rigoureusement transparent. La propagation du rayonnement dans un milieu matériel s'accompagne toujours d'une certaine dissipation d'énergie sous forme de chaleur (absorption proprement dite) et d'une *émission de radiations*, dans toutes les directions, par chaque élément de volume placé sur le trajet du faisceau incident (diffusion par des particules étrangères, diffusion moléculaire). On se trouve en présence d'une phénomène de *photoluminescence* (fluorescence ou phosphorescence), lorsque le rayonnement diffusé à la surface ou dans la masse du corps comprend des radiations qui ne sont pas présentes dans le faisceau incident. Cette altération du rayonnement est, dans une large mesure, conforme à la *règle de Stokes*, c'est-à-dire que la longueur d'onde de la plupart des radiations émises par la substance est supérieure à celle des radiations excitatrices. Dans l'interaction de la matière et du rayonnement, la fraction de l'énergie incidente restituée sous forme de rayonnement « secondaire » est associée, soit au même domaine spectral (diffusion proprement dite), soit à un intervalle décalé, vers les grandes longueurs d'onde, par rapport au champ des radiations excitatrices (photoluminescence). Les nombreux cas bien connus d'émission de radiations « anti-Stokes », dont l'intérêt théorique est considérable, ne permettent guère de réaliser pratiquement la conversion d'un rayonnement en un autre formé de radiations de longueurs d'onde plus courtes, par exemple de transformer un

(1) Conférence faite devant des groupes d'étudiants des Universités d'Amsterdam et de Leyde (février 1952).

rayonnement infrarouge en lumière visible. Cependant, dans certaines conditions, il est possible d'obtenir cette conversion avec un rendement relativement élevé. Les deux méthodes qui vont être indiquées comportent d'intéressantes applications telles que la détection et éventuellement l'enregistrement photographique des radiations infrarouges, ainsi que la signalisation par l'intermédiaire de ces radiations.

La première fait intervenir la sensibilité aux radiations infrarouges des sulfures ou autres solides *phosphorescents*, dont l'excitation est suivie d'une post-luminescence plus ou moins persistante. L'*extinction* de la phophorescence par les radiations rouges et infrarouges, mentionnée dès le début du siècle dernier, fut reconnue et étudiée en 1842 par Edmond Becquerel, qui ignorait vraisemblablement les observations antérieures de ce phénomène. En formant l'image d'un spectre sur une substance phosphorescente préalablement insolée, il en faisait apparaître la région la moins réfrangible sous l'aspect d'une bande sombre se détachant sur le fond lumineux de l'écran.

En réalité, ainsi que Becquerel lui-même l'avait constaté, l'extinction est souvent précédée d'une brève exaltation de la luminosité, comme l'indique la *fig.* 1 relative à un sulfure de calcium à luminescence bleue. La courbe 1 représente la diminution spontanée de la brillance ou *déclin* de la phosphorescence, tandis que la courbe 2 traduit qualitativement l'accroissement momentané, suivi d'une chute de brillance très accusée 3, qui résulte d'une exposition temporaire de la substance (30 secondes, de T' à T") au rayonnement infrarouge. Dans d'autres cas, au contraire, la brillance décroît immédiatement. L'effet final d'*extinction*, c'est-à-dire

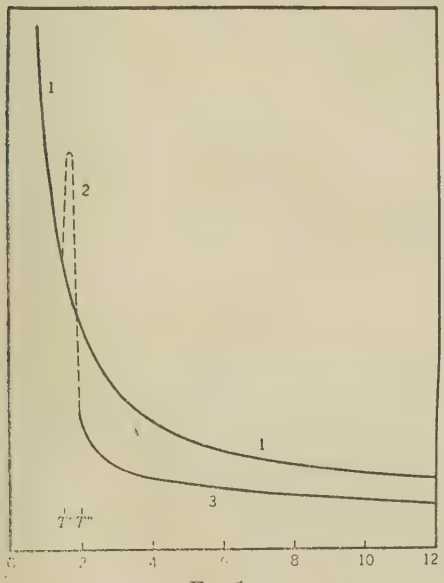


FIG. 1

Déclin de la phosphorescence (abscisses : temps en minutes ; ordonnées : brillances relatives).

l'affaiblissement ou la disparité prématurée de la post-luminescence peut donc résulter de deux actions opposées (Lenard), l'une purement extinctrice et l'autre accélératrice ou « de restitution », celle-ci permettant à la phosphorescence de se manifester plus brillamment pendant un certain temps. En fait, l'allure du phénomène dépend de la substance, de la température, de la longueur d'onde (ou de la composition spectrale) du rayonnement incident, et même, du moins dans certains cas, de l'intervalle de temps qui sépare l'irradiation infrarouge de la fin de l'excitation. L'intervention des deux actions antagonistes explique les phénomènes de *stimulation* (accroissement temporaire de l'émission) ou de « *quenching* » (chute immédiate de la brillance) observés avec les sulfures préalablement excités et irradiés au cours du déclin de leur phosphorescence. Le domaine spectral des radiations stimulatrices s'étend, vers les grandes longueurs d'onde, au-delà de celui des radiations extinctrices ; en général, ce sont donc les radiations efficaces de plus grande longueur d'onde qui tendent surtout à exalter momentanément l'émission.

Mettant à profit l'effet d'extinction résultant d'une exposition suffisamment prolongée aux radiations de faible fréquence, Edmond Becquerel est parvenu (1866, 1873-1876) à observer le spectre solaire jusqu'à 13.000 Å environ ; il obtenait évidemment une image *négative*, dans laquelle les raies ou bandes d'absorption apparaissaient en clair sur fond sombre. Ses observations furent poursuivies en 1883 par son fils Henri qui, par le même procédé *phosphorographique*, examina divers spectres infrarouges d'émission et d'absorption et parvint notamment à explorer le spectre solaire jusqu'à 15.000 Å. Il convient de noter qu'il étudiait aussi l'image *positive* visible pendant quelques instants avec les sulfures alcalino-terreux ; il distinguait ainsi, grâce au renforcement initial de la luminosité, des raies d'absorption très fines apparaissant en sombre sur fond clair.

Un important progrès avait été réalisé en 1881 par Draper en associant la photographie à l'effet d'extinction : l'emploi d'un écran recouvert d'une substance (sulfure de calcium constituant la « peinture de Balmain ») donnant une luminescence bleue, adaptée à la sensibilité des émulsions disponibles à cette époque, permettait d'obtenir par contact un enregistrement *permanent* du spectre jusqu'à 10.000 Å. Grâce aux plaques orthochromatiques, des substances à luminescence verte ont été employées ultérieurement en *phosphorophotographie*. Par exemple, Lehmann (1906) et Bergmann (1908), ont eu recours au sulfure de zinc pour étudier les spectres d'émission des métaux alcalins ; ils réussirent ainsi à détecter, par extinction, des raies jusqu'à 15.400 Å. Dans ce genre de travaux, la *sélectivité spectrale* de l'effet d'extinction constitue évidemment une donnée

essentielle. L'influence de la longueur d'onde du rayonnement actif, reconnue par E. et H. Becquerel, a été examinée notamment par Nichols et Merritt qui, dans le cas de la blende de Sidot (sulfure de zinc phosphorescent), ont mis en évidence deux maxima de l'efficacité (exprimée d'après la réduction de la durée du déclin) voisins de 9.000 et de 13.500 Å, séparés par un minimum vers 10.000 Å. Pour les divers produits étudiés, la limite d'utilisation de l'extinction, du point de vue de l'enregistrement des spectres, se situe entre 15.000 et 20.000 Å, Cependant, Daly a pu observer récemment, dans le cas du sulfure de zinc et de cadmium (activé au cuivre) refroidi à la température de l'air liquide, un effet de stimulation suivie d'extinction s'étendant jusqu'à 28.000 Å, avec des maxima vers 12.600, 20.800 et 27.000 Å (le premier subsistant seul à la température ordinaire) ; il est parvenu ainsi à photographier grossièrement des spectres d'absorption dans cette région.

En dehors de l'étude du spectre solaire par Henri Becquerel, la stimulation plus ou moins fugitive qui peut avoir lieu au cours du déclin de la phosphorescence ne semble guère avoir été systématiquement utilisée pour détecter ou enregistrer les radiations du proche infrarouge. Le recours à la stimulation est surtout avantageux avec certains matériaux luminescents synthétiques dont le comportement ressemble beaucoup à celui d'un sulfure de zinc activé au manganèse étudié par A. A. Guntz en 1924. A la température ordinaire, ce produit présentait une post-luminescence assez brève, mais il possédait la propriété de conserver pendant plusieurs jours une grande partie de l'énergie qui lui avait été communiquée au cours de l'insolation. Cette énergie latente pouvait être libérée par le rayonnement infrarouge. Il suffisait donc, pour obtenir la réplique négative d'une image infrarouge, de former cette image sur une pellicule de la substance (préalablement excitée) en contact avec une plaque photographique sensible à la lumière jaune orangée.

Dans le cas précédent, une grande partie de l'énergie emmagasinée dans la substance ne se dissipe pas spontanément dans la post-luminescence qui suit immédiatement l'excitation ; l'effet de stimulation peut avoir lieu lorsque le déclin est depuis longtemps pratiquement terminé. Il s'agit d'une phophorescence *retardée*, analogue à celle des nouvelles substances préparées et étudiées aux Etats-Unis depuis une dizaine d'années, surtout en vue d'applications militaires. A l'Université de Rochester, Urbach et ses collaborateurs ont montré que des sulfures alcalino-terreux contenant *deux* activateurs possèdent à un haut degré cette propriété remarquable. Le spectre de la luminescence obtenue dépend seulement de l'activateur « dominant », tandis que la répartition spectrale de la

stimulation (dont l'intensité varie avec la longueur d'onde du rayonnement infrarouge) est déterminée par l'activateur « auxiliaire ». La *fig.* 2 représente les spectres d'émission de sulfures de strontium activés par du cuivre, du cérium, du manganèse et de l'europium.

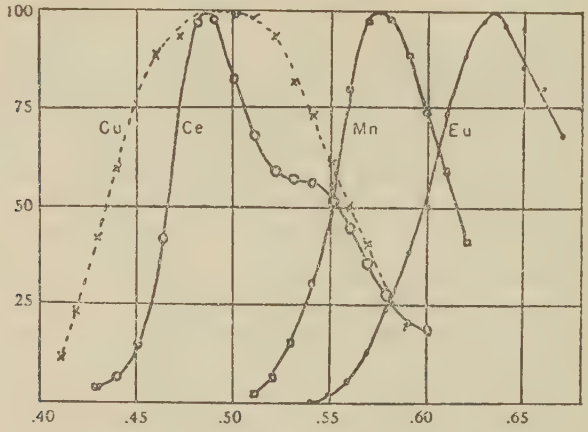


Fig. 2

Distribution spectrale de l'énergie dans le rayonnement de phosphorescence de sulfures de strontium activés au cuivre, au cérium, au manganèse et à l'europium.
(abscisses : longueurs d'onde en microns ; ordonnées : énergies relatives.

Il suffit d'une addition de samarium pour rendre ces quatre produits très sensibles à l'effet de stimulation *différée*, avec la distribution spectrale commune représentée par la courbe de la *fig.* 3. Chaque sulfure émet alors le spectre caractéristique de l'activateur « dominant » (*fig.* 2). Par suite de la présence de l'activateur « auxiliaire », la post-luminescence visible est très affaiblie et la quantité d'énergie mise en réserve dans la substance est considérablement augmentée. L'un des produits les plus intéressants (« Standard VII ») est un sulfure de strontium activé au cérium (concentration de l'ordre de 10^{-4}) et au samarium (concentration 2 à 10 fois plus faible) pouvant être excité par des radiations ultraviolettes (maxima à 2.900 et 3.500 Å) ou des rayons α, donnant un maximum d'émission à 4.850 Å et un maximum de stimulation vers 10.200 Å. Il peut être conservé à l'obscurité pendant plusieurs jours sans diminution notable de sa sensibilité. La brillance obtenue sous l'action du rayonnement d'une lampe à incandescence, avec interposition d'un bon filtre infrarouge, est seulement 10 fois plus

faible que la brillance d'un écran blanc diffusant éclairé avec la même source, sans filtre absorbant. La quantité d'énergie latente est telle qu'une brillance de 3. 10^{-7} bougie par cm^2 peut être maintenue pendant plusieurs heures avant que la sensibilité ne tombe de moitié.

D'autres matériaux doués de propriétés analogues ont été obtenus, en particulier par Fonda qui, au laboratoire de la Gen. Elec. Co (Schenectady), a étudié des sulfures de zinc activés au plomb (luminescence verte) ou au manganèse (luminescence orangée). Il semble que le comportement de ces corps puisse être aussi attribué à la présence de plusieurs activateurs. Il faut, en effet, tenir compte de l'existence probable de zinc en excès dans le réseau cristallin et, d'autre part, l'effet de stimulation est fortement accru par

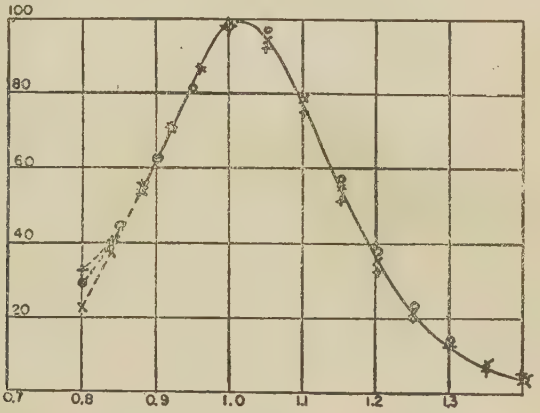


Fig. 3

Distribution spectrale de la stimulation pour divers sulfures de strontium contenant le même activateur auxiliaire (samarium) et des activateurs dominants différents (europium o, manganèse + et cérium x).

Abscisses : longueurs d'onde en microns.
Ordonnées : « stimulabilités » relatives (rapport de la brillance obtenue à l'intensité du rayonnement infrarouge incident).

l'addition d'une faible quantité de cuivre (ou par la combinaison Pb — Mn — Cu). Le spectre de stimulation qui, dans ce cas, paraît dépendre surtout du corps de base, est pratiquement le même avec le plomb et le manganèse. Il comprend une bande s'étendant de 12.500 à 16.000 Å et une autre autour de l'extrémité rouge du spectre visible. Avec l'un des sulfures de Fonda (Pb — Cu), la brillance initiale obtenue par stimulation au bout de 17 heures était encore le quart de celle qui se manifestait, dans les mêmes conditions d'irra-

diation, 5 minutes après l'excitation par des radiations ultraviolettes. Le sulfure étudié autrefois par Guntz se rattache sans doute au même type.

Parmi les produits stimulables plus ou moins fortement après disparition quasi totale de la post-luminescence, on peut citer également les séléniures alcalino-terreux (mélangés de sulfures et d'oxydes), activés à l'europium et au samarium, préparés par Ward à l'Institut Polytechnique de Brooklyn ; les sulfures de zinc et de cadmium activés au cuivre et au manganèse, ainsi que le phosphate de zinc activé au manganèse et au plomb étudiés par Miller et Barnett à la New Jersey Zinc Co ; le sulfure de zinc activé au cuivre et au terbium signalé par Leverenz et ses collaborateurs des R. C. A. Laboratories ; et enfin, à un degré bien moindre que les sulfures, de nombreux composés oxygénés (aluminates, molybdates, silicates, etc.), contenant aussi deux activateurs (Mn-Sm, Ce-Sm, Pb-Cu), préparés par Lyon et Poore à la Compagnie du Pont de Nemours. Dans tous les cas, la présence de deux activateurs semble jouer un rôle primordial. Cependant, il est certain que l'activateur « auxiliaire » n'intervient pas toujours de la même manière. Avec les sulfures alcalino-terreux, il détermine dans une large mesure le spectre de stimulation, ce qui peut s'interpréter en admettant l'existence de nouveaux états énergétiques (« pièges » plus profonds) associés à l'activateur lui-même et responsables de la mise en réserve d'une énergie importante. Avec les sulfures de zinc, au contraire, la distribution spectrale de la stimulation paraît être imposée, du moins dans ses grandes lignes, par le corps de base ; l'activateur « auxiliaire » agirait alors sur certains états du réseau de ce corps, de telle sorte que la mise en réserve de l'énergie et la stimulation puissent avoir lieu à la température ordinaire. Il convient, en effet, de noter que des observations de Fonda et de Garlick ont montré que des sulfures de zinc « classiques » (sulfure auto-activé, sulfures contenant seulement de l'argent, du manganèse ou du cuivre) deviennent assez fortement stimulables lorsqu'ils sont irradiés à la température de l'air liquide, après avoir été excités à cette même température.

Les recherches poursuivies actuellement par J. Janin et ses élèves à l'Institut de Physique Générale de l'Université de Lyon portent sur l'oxyde de calcium contenant un ou plusieurs activateurs. Aucune stimulabilité n'a été constatée avec le cuivre ou le manganèse introduits séparément dans le corps de base, mais l'effet est intense avec les couples Cu-Mn, Pb-Mn ou le plomb seul. La chaux activée au plomb, ou au plomb et manganèse, est particulièrement sensible au rayonnement infrarouge ; la stimulation

peut être observée 48 heures après l'excitation, alors qu'il ne subsiste aucune trace visible de phosphorescence. Le spectre de la luminescence stimulée ne diffère pas du spectre de phosphorescence ; il comprend, en dehors d'une bande orangée due au manganèse, une forte bande ultraviolette s'étendant de 3.450 à 3.950 Å. Une bande rouge, qui peut être attribuée au plomb, n'apparaît que lorsque le manganèse est absent ou en proportion extrêmement faible (par exemple : 0,001 %), ce qui semble indiquer que, dans les matériaux du type CaO (Pb—Mn), le plomb joue surtout le rôle d'un « sensibilisateur », intervenant dans le processus d'absorption du rayonnement excitateur et influençant notamment la bande ultraviolette due vraisemblablement au corps de base. Dans tous les cas, le spectre de stimulation comprend deux bandes dont l'une présente un maximum très accusé vers 13.000 Å et l'autre pénètre dans le spectre visible. Les spectres d'excitation et d'absorption, qui offrent évidemment de grandes analogies, ont été aussi étudiés ; ils se composent de plusieurs bandes comprises entre 2.750 et 1.900 Å.

Indépendamment d'autres applications, les nouveaux produits phosphorescents paraissent susceptibles d'être employés avantageusement en spectroscopie infrarouge. A cet égard, une tentative a été faite à l'Université de Rochester par Paul, qui a utilisé des écrans (dépôts sur verre de produits non spécifiés) en contact avec les plaques, ou un procédé consistant à étendre directement sur celles-ci la substance en suspension dans l'huile ou la glycérine. L'exposition au spectre infrarouge avait lieu quelques heures après l'excitation par des radiations ultraviolettes. Paul est parvenu ainsi à enregistrer en quelques minutes le spectre du mercure jusqu'à 15.300 Å (les raies 10.140, 11.286, 13.571 et 13.671 Å apparaissent fortement sur un spectrogramme correspondant à une pose de 5 secondes). Une comparaison a été effectuée avec les plaques Z de la Compagnie Eastman Kodak : les sensibilités sont du même ordre vers 10.000 Å, mais l'avantage de la phosphorophotographie se manifeste dès 11.000 Å. Dans le même ordre d'idées, on peut noter que la stimulation de la bande ultraviolette intense, obtenue avec la chaux activée au plomb, ou au plomb et manganèse, pourrait présenter un certain intérêt du point de vue des applications photographiques.

Les phénomènes de phosphorescence retardée s'interprètent en admettant que le rayonnement infrarouge agit sur les électrons retenus dans des « pièges » du milieu cristallin préalablement excité, après disparition (ou affaiblissement considérable) de la phosphorescence normale. La deuxième méthode fait intervenir des transformations plus faciles à contrôler et susceptibles d'être prolongées ou

reproduites avec moins de difficultés. Elle consiste à libérer des électrons sous l'action des radiations infrarouges et à les accélérer dans le vide, de manière qu'ils puissent exciter la cathodoluminescence d'un matériau convenable. D'une manière plus précise, on utilise un dispositif qui, à partir d'une image *optique* (non nécessairement visible), donne naissance à un flux d'électrons dont la distribution spatiale constitue une image *électronique*, celle-ci se manifestant à son tour par une image *optique* visible sur un écran. Les tubes électroniques qui effectuent cette double transformation sont des *convertisseurs d'images* (on les nomme aussi parfois oculaires ou télescopes électroniques). Leur fonctionnement est basé, d'une part, sur l'effet photoélectrique superficiel (émission d'électrons sous l'influence du rayonnement formant la première image) et, d'autre part, sur la cathodoluminescence des solides (émission lumineuse de l'écran bombardé par des électrons rapides). La séparation de ces deux effets permet de réaliser la conversion « anti-Stokes » et de faire varier, du moins entre certaines limites, la brillance de l'image finale. On y parvient en choisissant convenablement les électrodes extrêmes, sur lesquelles se forment l'image initiale et l'image finale, et en soumettant les photoélectrons à l'action accélératrice et directrice de certains champs. L'appareil constitue un changeur de fréquence optique et éventuellement un amplificateur de brillance, l'amplification étant d'ailleurs limitée par les rendements de l'effet photoélectrique et de la luminescence cathodique.

Le modèle le plus ancien et le plus simple (G. Holst et ses collaborateurs, 1934) comprend seulement deux électrodes planes et semi-transparentes, disposées parallèlement dans une enceinte vide. Il suffit d'appliquer entre ces électrodes une tension convenable pour faire apparaître, sur l'anode recouverte d'une mince couche de substance luminescente, la réplique visible d'une image infrarouge formée sur la photocathode sensible à un tel rayonnement. Un dispositif perfectionné de ce genre (*fig.* 4) a été mis au point par la Compagnie « Electrical and Musical Instruments Ltd ». Son enveloppe est un cylindre de pyrex de 5 cm. de diamètre et de 4 cm. de longueur, limité par deux fenêtres planes dont

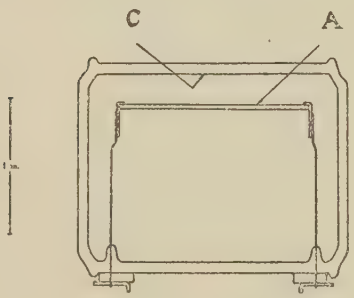


Fig. 4

Schéma de l'oculaire électronique de la Cie E. M. I. Ltd.

C. Photocathode ; A. Anode avec dépôt luminescent.

Echelle : 1 pouce = 2,54 cm.

l'une porte, sur sa face interne, une couche photosensible au césium sur argent oxydé. L'anode, que l'on observe à travers la deuxième fenêtre se trouve à 5 mm. de la photocathode ; elle est constituée

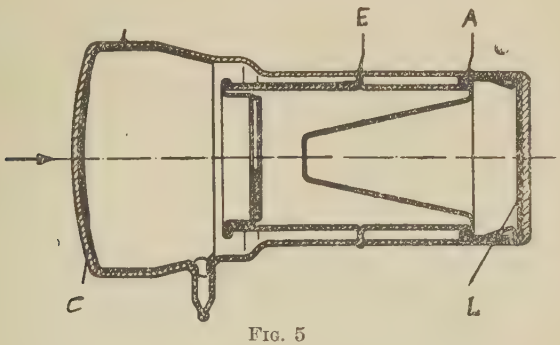


Fig. 5

Schéma du « Bildwandler-triode » de l'A. E. G.
C. Photocathode ; E. Electrode intermédiaire ; A. Anode connectée à l'écran luminescent L.

par un disque de verre légèrement platiné et recouvert de willémite. Ce tube supporte une tension de quelques milliers de volts.

En général, les convertisseurs d'images comportent une *optique électronique* intercalée entre la photocathode et l'écran luminescent. Les *fig.* 5 *et* 6 représentent deux modèles munis d'un système de

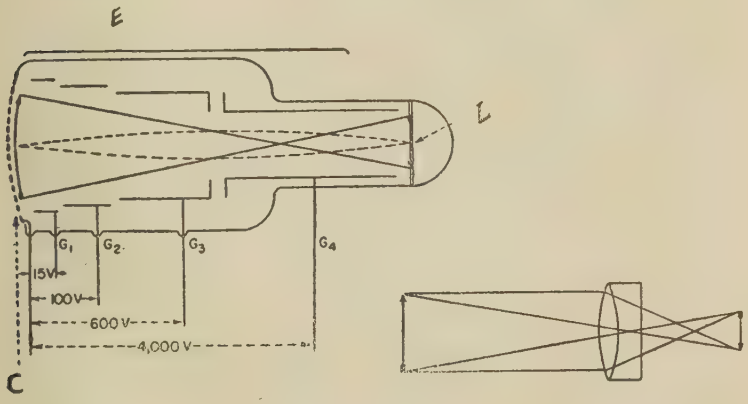


Fig. 6

Schéma du Tube 1P25 de la R. C. A.
C. Photocathode ; E. Lentille électronique. ; L. Ecran luminescent O. Optique ordinaire donnant un résultat analogue.

focalisation *électrostatique* : le « Bildwandler-triode » de l'A. E. G. (utilisé pendant la guerre par les Allemands), et le tube 1P25 de la R. C. A. (qui constituait l'élément essentiel de divers appareils de signalisation et de reconnaissance employés par les forces armées américaines). Dans d'autres dispositifs (Von Ardenne, Schaffernicht, etc.), l'optique électronique *mixte* comprend une lentille *magnétique* constituée par une bobine placée autour du tube. Quoi qu'il en soit, la forme (notamment la courbure de la photocathode), les dimensions et la disposition des divers organes sont étudiées de manière à obtenir une focalisation satisfaisante et à réduire au minimum les aberrations de l'image finale (courbure du champ, astigmatisme et distorsion).

L'emploi d'électrodes intermédiaires permet d'augmenter la *sensibilité* du récepteur, caractérisée par le rapport de la brillance de l'écran luminescent à l'éclairement énergétique de la photocathode. Il est alors possible, en effet, de maintenir une tension élevée (atteignant parfois 20.000 V) entre ces électrodes extrêmes, sans qu'il en résulte un champ trop intense, notamment au voisinage de la cathode. D'autre part, le grandissement réalisé par l'optique électronique peut être inférieur à l'unité, ce qui contribue également à rendre l'image finale plus brillante. Dans le cas des faibles éclairements, les observations sont considérablement gênées par la brillance générale du fond de l'écran, provoquée par l'émission parasite de la photocathode. En dehors des photoélectrons libérés par le rayonnement infrarouge incident (c'est-à-dire correspondant à l'image qu'il s'agit de reproduire), la surface cathodique émet des électrons sous l'action du champ local (émission « froide »), de la température (émission thermionique) et de l'éclairement dû au rayonnement diffusé par l'image finale apparaissant sur l'écran. L'émission thermionique ne peut être affaiblie qu'en refroidissant la cathode, mais les autres effets perturbateurs sont atténués ou supprimés grâce à la présence d'électrodes intermédiaires convenablement disposées. Dans le fonctionnement du « Bildwandler » (*fig.* 5), la rétroaction de la lumière de l'image est complètement évitée, ainsi que la charge de l'écran luminescent (cette charge ralentirait les électrons incidents), par une pellicule d'aluminium, dont l'épaisseur est de l'ordre du dixième de micron, recouvrant une mince couche de collodion déposée sur la face *antérieure* de l'écran ; le revêtement métallique, qui transmet le faisceau d'électrons sans en réduire fortement la puissance, réfléchit la lumière vers l'observateur et accroît donc la brillance de l'image. En général, l'adjonction d'un système de focalisation améliore aussi la *définition*, c'est-à-dire la netteté des images, dans les limites imposées par la grosseur du grain et l'épaisseur du dépôt luminescent.

La photocathode de la plupart des tubes considérés est du type Cs-O-Ag, c'est-à-dire analogue à celle des cellules photoélectriques — utilisées couramment pour la reproduction du son — dont la sensibilité spectrale est, en moyenne, représentée par la courbe de la *fig.* 7.

Les convertisseurs d'images peuvent être associés à des instruments tels que le télescope, le microscope et le spectroscope. Ils permettent d'étendre aux températures relativement basses (350 à 700 ° C) le domaine de la pyrométrie optique et d'utiliser dans le proche infrarouge les multiplicateurs photoélectriques sensibles aux radiations visibles. Dans cet exposé, nous envisagerons seulement l'emploi de ces appareils en spectroscopie infrarouge, en décrivant sommairement quelques-uns des résultats obtenus à l'Institut de Physique Générale de l'Université de Lyon. Nous avons essayé successivement le récepteur simple de la Compagnie E.M.I. Ltd (grandissement égal à l'unité) et divers tubes du modèle représenté sur la *fig.* 5 (grandissement voisin de 0,6). L'appareil était monté rigidement sur la chambre d'un spectrographe à deux prismes dispersant le rayonnement de la région 7.500-12.000 Å sur une longueur de 22 mm. Dans le cas du convertisseur à trois électrodes, cette région était sensiblement au point sur la portion centrale de la surface courbe de la photocathode (rayon de 115 mm). Les radiations infrarouges, apparaissant en *vert* sur l'écran (willémite ou sulfure-séléniure de zinc activé au cuivre), étaient observées visuellement (du moins les plus intenses) ou photographiées sur plaque orthochromatique à l'aide d'un objectif de grande ouverture, la durée de la pose variant de quelques minutes à plusieurs heures. L'image définitive de la région considérée occupait, sur le cliché, une

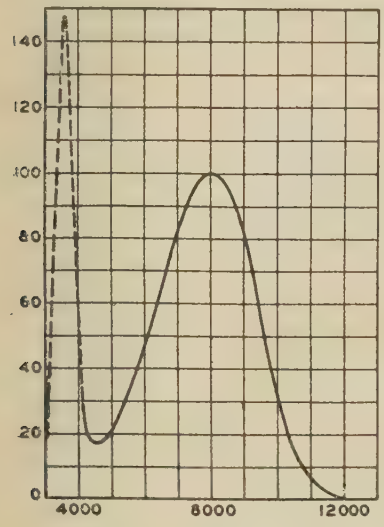


Fig. 7

Courbe représentant la sensibilité spectrale moyenne des photocathodes au cesium sur argent oxydé (abscisses : longueurs d'onde en angströms ; ordonnées : sensibilités monochromatiques relatives).

longueur voisine de 55 mm. (tube E.M.I.) ou de 33 mm. (« Bildwandler »). Les spectrogrammes de la planche ci-contre sont donc des reproductions de la dernière de 4 images successives, la deuxième étant une image électronique.

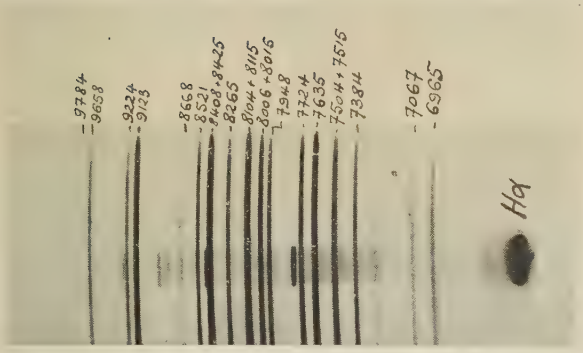
L'examen critique de l'ensemble des résultats conduit aux conclusions suivantes :

1° Conformément à la courbe moyenne de la fig 7, la sensibilité est maximum vers 8.000 Å, mais elle demeure satisfaisante jusqu'à 10.000 Å et persiste encore à 12.000 Å (spectre continu d'un filament incandescent). Il est d'ailleurs possible de déterminer avec précision la véritable courbe spectrale, qui varie légèrement d'un tube à l'autre. Ainsi qu'on pouvait le prévoir, le tube à focalisation électrostatique est de beaucoup le plus « lumineux ». Dans les mêmes conditions d'expérimentation (largeur de la fente du spectrographe, ouverture de l'objectif photographique, nature de la plaque), on obtient des résultats sensiblement équivalents pour des durées de pose 30 fois plus courtes qu'en utilisant l'appareil E.M.I. Avec une largeur de fente en moyenne 5 fois plus faible (quelques centièmes de millimètre), la plupart des poses étaient de l'ordre de quelques minutes. Il a donc été possible, en prolongeant l'exposition, d'explorer plus complètement la région extrême comprise entre 10.000 et 12.000 Å. Par exemple, dans le cas du mercure, une pose de 15 minutes suffisait pour faire apparaître, en dehors des fortes raies 10.140 et 11.286 Å, des radiations s'étendant jusqu'à 12.100 Å.

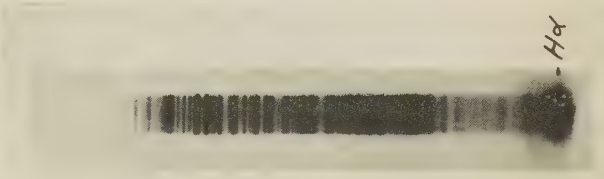
2° Compte tenu de la simplicité du dispositif E.M.I., la *définition* obtenue avec ce récepteur est remarquablement bonne ; elle semble correspondre à une résolution de l'ordre d'une centaine de traits au centimètre sur la photocathode (en bon accord avec le calcul approximatif du diamètre de la tache circulaire correspondant, sur l'écran, à un point éclairé de la photocathode). Mais les spectrogrammes fournis par le convertisseur du deuxième type sont évidemment beaucoup plus satisfaisants ; leur aspect diffère peu de celui des enregistrements directs du même domaine sur des plaques appropriées. L'amélioration de la définition résulte surtout de la plus grande finesse de la fente, quoique la résolution intrinsèque soit certainement un peu supérieure à celle du tube E.M.I., du moins pour la région centrale de la photocathode.

La qualité de ces derniers résultats a été confirmée par des essais effectués par R. Falgon à l'aide d'un grand réseau plan associé à deux objectifs f/5 de 40 cm. de longueur focale. La courbure du champ, inverse de celle de la photocathode, réduisait l'étendue de la région susceptible d'être enregistrée convenablement avec un seul réglage du dispositif. Cependant, de très bons clichés

Tube E. M. I. (3.000 V)



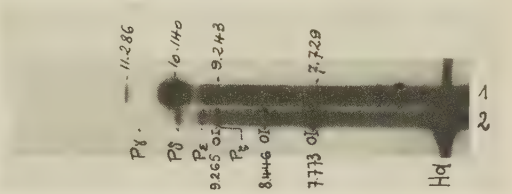
Plaque « Lumimichrome » Lumière. Spectre de l'argon (petite lampe à décharge, pose : 2 h). Dans la partie centrale, spectre de l'hydrogène impur (spectre moléculaire et multiplets O I).



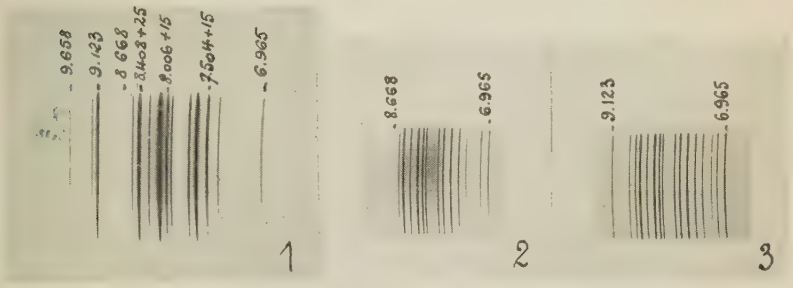
Même plaque. Spectre moléculaire de l'hydrogène (lampe de Chalonge-Lambrey, pression : 1 mm de mercure, pose : 7 h).

« Bildwandlertriode »

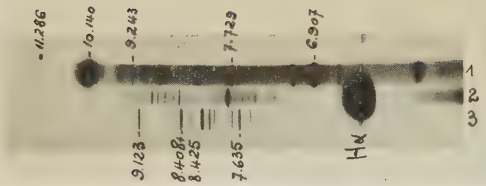
(électrode moyenne à la terre, tensions stabilisées, tension anodique fixée à 9.000 V, conditions optima réalisées en portant la cathode à —4.000 V environ).



Plaque « Altichrome » Lumière. 1) Spectre du mercure (lampe George-Gallois, pose : 1 minute). — 2) Spectre de l'hydrogène (lampe de grande puissance, pression : 5 mm de mercure, décharge condensée, pose : 20 min) : série Paschen (P_γ : 10.938 Å, P_δ : 10.049 Å, P_ε : 9.546 Å, P_ζ : 9.229 Å) et spectre continu lié à cette série (l'élargissement des raies et l'extension du spectre continu doivent être attribués au champ interatomique).



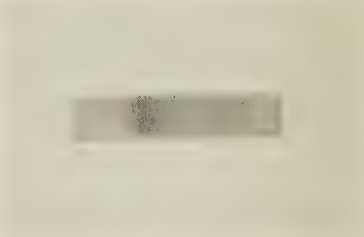
1) Plaque « Altichrome » Lumière. — Spectre de l'argon (petite lampe à décharge, pose : 5 min). — A titre de comparaison, enregistrement photographique direct du même spectre sur : 2) plaque « Infraguil » Guilleminot (pose : 10 min) et 3) plaque N-1 Eastman Kodak (pose : 2,5 min).

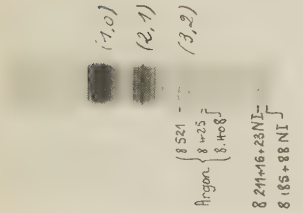


Plaque « S. S. E. » Lumière. 1) Spectre du mercure (lampe George-Gallois, pose : 30 sec). — 2) Spectre de l'hydrogène (lampe de grande puissance, pression : 1 mm de mercure, décharge alternative ordinaire, pose : 3 min) : spectre moléculaire et multiplets O I. - 3) Spectre de l'argon (petite lampe à décharge, pose : 5 min).

« Bildwandlertriode » et Réseau

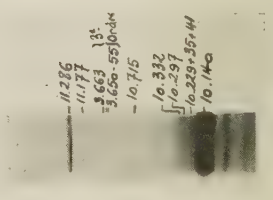
Plaque « Altichrome » Lumière. Azote (lampe de grande puissance, pression : 3 mm de mercure, décharge alternative ordinaire, 2e ordre, pose : 20 min) : Bande (0,0), vers 10.500 Å, du premier système positif de N_2.





Plaque « S.S.E. » Lumière. Azote (mêmes conditions, sauf pose : 5 min) : Bandes (1,0, 2,1) et (3,2) du premier système positif de N_2.

Plaque « Altichrome » Lumière. Mercure (lampe George-Gallois, 1er ordre, pose : 15 min). Région 10.140-11.286 Å.



ont été obtenus dans le premier et le deuxième ordre ; le grandissement résultant (convertisseur et objectif photographique), égal à 0,7, conduisait à une dispersion linéaire voisine de 60 ou 30 Å/mm. Dans ces conditions, la structure fine de certaines bandes apparaît avec une grande netteté ; des composantes de rotation distantes de 3 Å peuvent être aisément identifiées (voir planche annexe).

L'intérêt de la méthode paraît donc bien établi. Sans prétendre à remplacer, dans tous les cas, la photographie directe des radiations du proche infrarouge, à l'aide de plaques spéciales qu'il est très difficile à se procurer en Europe et dont les inconvénients sont bien connus (conservation à basse température, très faible sensibilité au-delà de 9.000 Å, courbe spectrale assez imprécise), il est certain qu'elle peut rendre de précieux services en spectroscopie et en spectrophotométrie. La complication de l'appareillage est compensée, dans une certaine mesure, par des avantages tels que la reproductibilité parfaite des opérations, la possibilité de déterminer exactement la variation de la sensibilité avec la longueur d'onde, et enfin le fait de photographier en définitive une image formée par un rayonnement (bande de luminescence) dont la composition spectrale est invariable. Ces circonstances sont évidemment très favorables à la précision des comparaisons spectrophotométriques.

La courbure de la photocathode de certains tubes tels que le « Bildwandler » pourrait être compensée à l'aide d'une lame correctrice placée sur la face avant du convertisseur. D'ailleurs, des tubes à face plane ont été réalisés, moyennant une modification convenable de l'optique électronique. D'autre part, il est indispensable, pour rendre le procédé applicable à l'étude de faibles luminescences, qui nécessite de très longues poses, de supprimer pratiquement la brillance générale de l'écran. Ayant en vue quelques applications géophysiques et astronomiques, nous avons réalisé un dispositif constitué par un spectrographe très lumineux associé à un convertisseur (du type « Bildwandler », petit modèle) dont la photocathode peut être maintenue *très longtemps* à une température assez basse pour que son émission thermionique soit considérablement réduite. A cette fin, le tube, placé dans une enceinte étanche, est entouré d'un double enroulement hélicoïdal de tube de cuivre raccordé à un compresseur chargé au fréon. Des dispositions sont prises pour éviter le givrage de l'écran (qui émerge de l'enceinte) et du disque de verre à travers lequel on forme l'image du spectre infrarouge sur la photocathode.

D'autres perfectionnements peuvent encore être envisagés. En particulier, la sensibilité serait accrue en utilisant un convertisseur à deux étages, dans lequel la première réplique luminescente de

l'image initiale agirait sur une deuxième couche photosensible (Cs-Sb) déposée sur la face opposée d'un écran intermédiaire constitué par une lame mince de verre ou de mica. La réalisation d'un tel dispositif, qui a été tentée, présente évidemment de grosses difficultés. Il en est de même pour les convertisseurs comprenant un dispositif d'amplification par émission secondaire (multiplicateur électronique). Enfin, des convertisseurs spéciaux, comportant un *miroir électronique* et mettant en jeu les propriétés des semi-conducteurs photosensibles tels que le sulfure de plomb, étaient en cours de développement en Allemagne à la fin de la guerre ; de tels récepteurs pourraient être utilisés dans un domaine plus étendu, par exemple jusqu'à 3,5 μ, alors que la sensibilité des cathodes photoémissives du type Cs-O-Ag devient excessivement faible dès 12.000 Å.

Georges DÉJARDIN.

ERRATUM

Dans l'article de M. Jean Abelé, intitulé : *Quelques réflexions sur la notion de point matériel*, publié dans notre numéro double 3-4 de 1952, une ligne a été omise dans le second paragraphe de la page 73.

Pour permettre à nos lecteurs de rétablir plus facilement le texte, nous la donnons ci-dessous en l'encadrant dans la ligne précédente et dans la ligne suivante, qui sont les 7^{e} et 8^{e} de ce second paragraphe.

L'imprécision peut être réduite à un ordre de petitesse déterminé pour chaque problème particulier. Le *point dimensionnel* se différencie des deux notions précédentes, en premier lieu du fait que la position

Le programme de recherches de l'U. N. E. S. C. O. et le Colloque International sur l'Hydrologie de la zone aride

(Turquie - UNESCO, Ankara, Avril 1952)

par Raymond FURON

En 1950, le Conseil International intérimaire de recherches sur la Zone aride avait recommandé au Directeur Général de l'UNESCO de prendre des dispositions conjointement avec un Etat membre du Moyen-Orient, afin d'organiser un Colloque international sur l'Hydrologie de la Zone aride, et notamment sur la question des eaux souterraines. Ce Colloque devait réunir des spécialistes de l'hydrologie, de la géologie, de la climatologie, de l'écologie végétale, de la pédologie et des sciences de l'ingénieur.

La sixième session de la Conférence générale avait autorisé le Directeur Général de l'UNESCO à organiser en 1952 un Colloque au titre du Programme de la Zone aride.

Le Directeur Général a accepté l'offre du Gouvernement turc de patronner conjointement le Colloque qui se tiendrait à Ankara. Il fut convenu que l'UNESCO inviterait les membres du Comité Consultatif, ainsi que des experts choisis en dehors du Moyen-Orient, tandis que le Gouvernement turc inviterait des experts de Turquie et du Moyen-Orient. Le Gouvernement turc a également invité le Directeur de l'UNESCO à tenir la troisième session du Comité consultatif à Ankara, avant l'ouverture du Colloque.

Les Nations Unies, leurs institutions spécialisées et les organisations scientifiques internationales ayant voix consultative près de l'UNESCO ont été invitées par le Directeur Général à se faire représenter à la session du Comité consultatif ainsi qu'au Colloque.

Telles sont les origines des deux réunions qui viennent d'avoir lieu à Ankara.

TROISIÈME SESSION DU COMITÉ CONSULTATIF DE RECHERCES SUR LA ZONE ARIDE (UNESCO)

La troisième session du Comité consultatif de Recherches sur la Zone aride (de l'UNESCO), s'est tenue à Ankara les 21, 22 et 24 avril 1952, sous la présidence du Dr Hassan Awad, Secrétaire

Général de la Société royale de Géographie d'Egypte. Vingt-huit délégués ont participé à cette session :

UNESCO : MM. Malina et Purnell. Membres du Comité consultatif : MM. Hassan Awad (Egypte), R. D. Dhir (Inde), B. T. Dickson (Australie), R. Llamas (Mexique), A. Nizery (France), L. Picard (Israël), D. S. Stoner (U.S.A.), H. G. Thornton (Grande-Bretagne), J. Zender (Pérou).

Représentants des Agences spécialisées : M. Shen-Yi, pour la Commission Economique pour l'Asie et l'Extrême-Orient (O.N.U.), M. A. de Vajda, pour la F.A.O., M. F. Hakki Sur, pour le Bureau International du Travail, MM. R. Clark et J. O. Buxell, pour l'Organisation mondiale de la Santé, M. J. M. Beall, pour l'Union Météorologique mondiale.

Représentants des organismes internationaux : M. P. Danel (Association Internationale pour les Recherches hydrauliques), M. S. Mazloum (Commission Internationale pour l'irrigation et le drainage), M. Peveril Meigs (Union Internationale de Géographie), M. H. Peynircioglu (Société Internationale de Mécanique du Sol), MM. J. Tixeront et W. C. Lowdermilk (Union Internationale de Géodésie et de Géophysique), M. R. Furon (Union Internationale pour la Protection de la Nature), M. R. Berker (Union Internationale de Mécanique théorique et appliquée), M. Emin Yumer (Conférence mondiale de l'Energie), M. H. Boyko (Union Internationale des Sciences biologiques).

La session fut ouverte le 21 avril, à 10 h. 30, dans les locaux de la Faculté d'Agriculture d'Ankara. Après l'élection du président, le Dr Malina rend compte des activités du Comité consultatif pour la période du 15 septembre 1951 au 25 mars 1952, puis M. R. Furon expose le travail effectué par la Mission d'Assistance Technique qu'il dirige en Turquie (création d'un Institut d'Hydrogéologie à l'Université Technique d'Istanbul et d'un Service d'Hydrologie au Ministère des Travaux Publics à Ankara, Recherches sur le terrain). L'ordre du jour est ensuite adopté, puis le Comité passe à l'étude des préparatifs du Colloque sur l'Hydrologie de la Zone aride qui doit se tenir du 25 au 29 avril, et du programme pour 1953 et 1954.

En 1953, l'enquête portera sur les sources et l'utilisation de l'énergie en Zone aride, notamment sur l'énergie éolienne et solaire. En 1954, l'enquête sera étendue à l'écologie de l'homme et des animaux. Les prochaines réunions se tiendront en Amérique du Sud et aux Indes.

Les actes des Colloques de 1952, 1953 et 1954 seront imprimés en plusieurs langues.

Le Comité discute ensuite le projet de lettre aux Etats membres concernant le recensement des recherches intéressant l'écologie végétale des régions arides et semi-arides. Ce recensement doit aboutir à l'établissement et à la publication d'un index des recherches de cet ordre.

L'ordre du jour appelle alors une discussion sur la portée des rapports qui seront rédigés sur les sources et sur l'utilisation possible de l'énergie éolienne et solaire en zone aride. Ce sont là des problèmes importants, mais en cours d'étude.

En 1951, le Directeur Général de l'UNESCO avait demandé aux Etats membres d'indiquer leurs centres de recherches traitant des problèmes de la zone aride, susceptibles d'accueillir des chercheurs étrangers d'échanger du personnel et des informations et de diriger leurs activités conformément à un programme international coordonné. Une première liste a été établie d'organismes susceptibles d'être associés au programme de recherches de l'UNESCO sur la zone aride : l'Institut Français d'Afrique Noire, dirigé par le Professeur Th. Monod, l'Institut de Botanique de la Faculté des Sciences d'Ankara, le Département de Botanique de l'Université hébraïque de Jérusalem, le Collège de Jaswant (Inde), la Station d'amélioration des semences d'Eskicheir (Turquie), l'Institut des Sciences appliquées de Mexico. On voit ainsi se dessiner une coopération internationale active.

Parmi les autres projets soumis au Comité, citons : l'assistance accordée au British Institute of Biology et au Conseil israélien de recherche, l'étude du cours souterrain de l'oued Saoura, la mécanique des eaux souterraines dans les montagnes sédimentaires, la publication de la flore du Djebel Druze, la physiologie des animaux du désert, le développement du projet concernant le désert du Rajputana (Inde).

La dernière journée fut consacrée à l'examen de diverses questions, parmi lesquelles nous citerons : l'octroi par l'UNESCO de subventions pour frais de voyage, l'organisation d'une exposition concernant les recherches sur la zone aride, un projet d'étude de la végétation des terres nitrées et sulfatées du Sud algérien, la publication d'un manuscrit sur les méthodes modernes de culture en pays très sec, enfin les plans et recommandations pour la quatrième session du Comité consultatif.

COLLOQUE SUR L'HYDROLOGIE DE LA ZONE ARIDE (Ankara, 25-29 avril 1952)

Le Comité turc d'organisation du Colloque, présidé par le Professeur Hikmet Birand, de la Faculté des Sciences d'Ankara, assisté

de M. Fuat Senturk, Secrétaire, et de plusieurs personnalités, avait parfaitement préparé la réunion qui s'est également tenue dans les locaux de la Faculté d'Agriculture.

Outre les vingt-huit délégués à la troisième session du Comité consultatif, d'autres personnalités avaient été invitées par l'UNESCO et par le Gouvernement turc, qui présentèrent des communications.

La séance inaugurale s'ouvrit en présence du Président de la République. Des discours furent prononcés par le Professeur Dr T. Saglam, président de la Commission Nationale, puis par MM. Nedim Œkmen, ministre de l'Agriculture, Emin Hekimgil, représentant du ministre de l'Education Nationale, Hikmet Turat, Directeur Général des Travaux hydrologiques, Hassan Awad, président du Comité consultatif, et F. J. Malina, représentant le Directeur Général de l'UNESCO.

Cette séance d'ouverture fut suivie d'un déjeuner offert par l'Université d'Ankara.

Les communications furent réparties en sections : Propriétés physiques et chimiques des eaux souterraines (sous la présidence de M. A. Robaux), Statique et dynamique des eaux souterraines (sous la présidence de M. F. E. Dixey), Incidences de l'utilisation des eaux souterraines sur l'équilibre hydrologique (sous la présidence de M. R. D. Dhir), Prospection des eaux souterraines (sous la présidence de M. L. Picard), Relations entre l'Hydrologie des eaux souterraines et d'autres sciences (sous la présidence de M. Hassan Awad).

Les trois langues autorisées étaient l'anglais, le français et le turc. Grâce à la qualité des interprètes et à l'installation permettant les traductions simultanées, l'horaire prévu fut respecté, malgré l'importance des communications et des discussions qui les suivirent.

Les 28 communications présentées et discutées

1. — A. Robaux (Chef du Centre des Etudes hydrogéologiques, Rabat, Maroc). *Propriétés chimiques et physiques des eaux souterraines.* (Propriétés générales des eaux souterraines et méthodes d'analyses. Causes climatiques, géologiques, chimiques ou humaines, des différentes qualités des eaux en pays arides. Nécessité de grouper et de publier les renseignements actuellement conservés dans les archives des différents pays.)

2. — K. O. Çaglar (Professeur à la Faculté d'Agriculture d'Ankara). *Etudes chimiques sur les eaux souterraines de Turquie.*

(Montre la grande variété des eaux souterraines et la nécessité d'analyses plus nombreuses et plus complètes.)

3. — F. E. Dixey (Directeur des Services géologiques coloniaux, Londres). *Etude des eaux souterraines des points de vue statique et dynamique.* (Importance des puits d'essai et des essais de pompage, dans les lieux choisis par leurs conditions géographiques et géologiques. Etude du cycle hydrologique. Application des méthodes statistiques et graphiques. Rôle des modèles réduits.)

4. — Dr Nazir Ahmad (Laboratoire de Recherches pour l'Irrigation, Lahore, Pakistan). *La dynamique des eaux souterraines et les puits abyssiniens.* (Le réseau d'irrigation d'une zone du Pendjab a provoqué l'élévation du niveau de la nappe souterraine et l'apparition de sels en surface. Pour remédier à cet inconvénient, en obtenant plus d'eau, il est prévu la création de 1.800 puits abyssiniens le long des principaux canaux.)

5. — P. Danel (Directeur du Laboratoire dauphinois d'Hydraulique (NEYRPIC), Grenoble). *La mesure des débits souterrains.* (Principes de base de certaines méthodes modernes de mesure des débits souterrains. Un colorant injecté en un point donné diffuse en milieu sableux selon des trajectoires courbes donnant des « cornes de diffusion ». Variation suivant les milieux. Mesure des vitesses d'infiltration des eaux entre deux puits. Principes d'une nouvelle méthode électrique.)

6. — R. D. Dhir (Directeur du Service Hydrologique, New Delhi, Inde). *L'influence de l'utilisation des eaux souterraines sur l'équilibre hydrologique.* (L'utilisation des eaux souterraines influe sur l'équilibre hydrologique et il est prudent d'étudier les répercussions sur le cycle hydrologique, afin de limiter, s'il y a lieu, le pompage autorisé.)

7. — M. El-Sayed Ayoub Bey (Inspecteur général du Contrôle du Nil, Le Caire). *La régularisation des ressources en eaux souterraines comme moyen d'assurer un équilibre hydrologique constant permettant l'organisation d'une exploitation intensive.* (Des expériences récentes faites en Egypte et en Syrie ont montré qu'il faut souvent stabiliser l'équilibre hydrologique par des moyens artificiels, si l'on veut exploiter régulièrement certaines nappes d'eau souterraines. Deux expériences de régularisation sont exposées.)

8. — G. Drouhin (Directeur du Service de la Colonisation et de l'Hydraulique, Alger). *Incidences de l'utilisation des eaux souterraines sur l'équilibre hydrologique.* (Problème très complexe, nécessitant une connaissance parfaite des conditions de la nappe étudiée. Quatre exemples sont présentés : une nappe artésienne

connue en climat tempéré (celle des Sables verts du Bassin de Paris) ; la nappe de Brédéah, près d'Oran, semi-libre, en terrain calcaire ; la structure complexe du bassin du Chott ech Chergui sur les hautes plaines oranaises ; enfin, l'immense complexe du « Continental intercalaire » qui intéresse toute la zone saharienne.)

9. — R. F. Boke (Directeur régional) et D. S. Stoner (Inspecteur, Bureau of Reclamation for California, Sacramento, U.S.A.). *L'application des techniques hydrologiques à la résolution de problèmes relatifs aux eaux souterraines dans le cadre du « Central Valley Project » en Californie.* (Historique des travaux et étude locale complète, géologique et climatologique. Etude du mode de recharge : eaux de rivières sur terrains poreux, inondation de pâturages, déversement d'eau dans des rivières à sec. Contrôle fréquent de la qualité des eaux souterraines. Les techniques exposées sont le fruit d'une longue expérience.)

10. — Srta Rita Lopez de Llergo (Professeur à l'Université de Mexico). *Le rôle des phénomènes de capture dans l'évolution des soubassements hydrologiques et l'extension des régions de climat désertique ou semi-désertique.* (Les mouvements épirogéniques pliocènes et quaternaires ont modifié le drainage, entraîné une érosion très active des fleuves qui ont fini par capturer les eaux des anciens bassins fermés. Des lacs ont ainsi disparu à une époque très récente, parfois historique. L'auteur préconise la construction de barrages permettant de reconstituer d'anciens bassins lacustres.)

11. — R. K. Linsley (Professeur à la Stanford University, Berkeley, Californie). *Le rôle des précipitations et des eaux courantes de surface dans la recharge des nappes souterraines.* (Le taux d'utilisation des eaux d'un bassin doit être assez élevé lorsqu'on met en valeur une région semi-aride. Il faut donc bien connaître son alimentation et prévoir les moyens de recharge et les années à faibles précipitations. Nombreux exemples choisis aux Etats-Unis.)

12. — W. C. Lowdermilk (Président du Comité de l'Erosion du Sol, Association Internationale d'Hydrologie). *La recharge artificielle des nappes souterraines. Quelques problèmes hydrologiques et géologiques.* (La recharge naturelle ne peut s'effectuer, en zone aride, que pendant les années humides et lorsque les formations géologiques s'y prêtent. La localisation des zones de recharge doit être minutieuse, car il n'y a pas de loi, générale et absolue. Chaque nappe doit être étudiée. Exemples. Nécessité de la recharge artificielle.)

13. — L. Picard (Professeur de Géologie à l'Université hébraïque, Jérusalem). *Observations sur la découverte de l'eau sou-*

terraine dans les régions arides et semi-arides. (La recherche de l'eau n'est pas très différente de celle du pétrole. Il faut chercher des roches-magasin, des réservoirs, des structures favorables au point de vue lithologique et tectonique. La micropaléontologie et la prospection géophysique ont leur rôle tout indiqué. Les forages doivent être multipliés.)

14. — L. Cagniard (Professeur de Géophysique appliquée à la Faculté des sciences de Paris). *La prospection des eaux souterraines.* (Les méthodes géophysiques viennent utilement compléter les données de la géologie. Les méthodes électriques sont à recommander pour le choix des emplacements de forages. L'auteur présente son potentiomètre et les groupes électrogènes qu'il a fait construire, puis étudie le problème difficile de l'interprétation des sondages électriques. Procédé nouveau, encore inédit, expérimenté avec succès au Cameroun.)

15. — Soubhi Mazloum (Directeur des Irrigations et des Forces hydrauliques, Damas, Syrie). *Les forages et la prospection des eaux souterraines en zone aride.* (Pour les forages de reconnaissance, les sondeuses rotatives sont à préférer, malgré leur consommation en eau. Importance d'études très méthodiques. Publications nécessaires.)

16. — H. F. Frommurze (Sous-Directeur du Service Géologique, Pretoria, Afrique du Sud). *Contribution de la géologie et de la géophysique appliquée à la localisation de nappes d'eau souterraines dans les roches dures.* (Etude lithologique des différents faciès susceptibles de contenir des réserves d'eau souterraine (schistes, argiles, sables et grès, calcaires, roches éruptives et métamorphiques). Lorsque la structure géologique est bien connue, la prospection géophysique est moins coûteuse que les campagnes de forages.)

17. — Mehmet Topkaya (Géologue au M. T. A. Enstitüsü, Ankara). *Recherches hydrogéologiques dans certaines régions de la Turquie et différents types de sondages proposés.* (Etude géologique et climatologique de l'Anatolie centrale : pluie, 300 mm., humidité, 60 %, évaporation annuelle, 800 à 2.000 mm., zone semi-aride à nombreux puits de 50 à 100 mètres, 4 niveaux aquifères reconnus, mais irréguliers. Nécessité d'une campagne de sondages de reconnaissance.)

18. — Mehmet Y. Dizioglu (Géophysicien au M. T. A. Enstitüsü, Ankara). *La prospection des eaux souterraines en Anatolie centrale par des méthodes géophysiques et notamment électriques.* (Des essais ont été faits en plusieurs points, mais l'interprétation reste difficile en l'absence de données géologiques suffisantes.)

19. — Sait Ali Ankara (Professeur à la Faculté des Sciences d'Ankara). *Prospection des eaux souterraines par les méthodes géophysiques, notamment par le recours à la résistivité électrique. Résultats obtenus en Turquie.* (Les agglomérations sont souvent alimentées en eaux contaminées. Il faut rechercher les eaux profondes. Les données géophysiques sont difficiles à interpréter. L'auteur indique 24 niveaux d'eau sur 153 mètres de profondeur à Akçakale et peut prédire le temps 3 jours à l'avance d'après l'état électrique de l'atmosphère.)

20. — Hamit N. Pamir (Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences, Istanbul). *Recherches hydrogéologiques dans le bassin de l'Ergène.* (Etude géologique et climatologique de la Thrace : pluie, 500 mm., évaporation, 2 mètres, climat steppique, grand bassin, Néogène et Nummulitique sur socle ancien visible au Nord. Grandes cultures de betteraves. Bassin artésien. 90 puits débitent actuellement 25.000 mc. par jour sur 600 kmq., ce qui ne représente que 10 % de la réserve.)

21. — Muhittin Kulin (Hydrogéologue conseil, Ankara). *Observations sur la prospection des eaux souterraines en Turquie.*

22. — S. W. Tromp (Chef de la Mission d'Assistance Technique de l'O.N.U. en Afghanistan). *La Mission d'Assistance Technique de l'O.N.U. et le développement hydrologique de l'Afghanistan.* (Cette mission a été longuement préparée et elle bénéficie de l'appui total du gouvernement local. La mission au complet comprendra 23 personnes : le chef de mission, 2 experts et un chef sondeur fournis par l'Assistance Technique, les autres personnes étant fournies par le Gouvernement afghan. Le matériel de sondage et les appareils de géophysique sont apportés par la mission qui va consacrer ses efforts à la mise en valeur de certaines régions, en particulier les plaines désertiques du Turkestan. Les recherches de pétrole ont fourni une solide documentation stratigraphique.)

23. — Hassan Awad (Secrétaire Général de la Société royale de Géographie, Le Caire). *Eaux souterraines et géographie humaine : genres de vie dans les régions désertiques.* (Nomadisme des zones désertiques. Les eaux profondes ont permis la création d'oasis et de genres de vie particuliers, allant du semi-nomadisme à la sédentarisation complète. Polyculture familiale et importance de l'eau qui se vend, se loue ou s'hypothèque indépendamment de la terre. Evolution sociale récente.)

24. — Hikmet Birand (Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences, Ankara). *La végétation de la zone aride en Anatolie centrale et l'équilibre hydrique des plantes de steppe.* (L'Anatolie

centrale souffre d'un climat steppique irrégulier, avec des années humides et d'autres très sèches. Les reliefs entourant l'Anatolie reçoivent de 1.000 à 2.000 mm. de pluie et de neige. Les forêts qui venaient autrefois jusqu'aux environs d'Ankara ont été détruites par l'homme au cours des âges. Description de la végétation de l'Anatolie centrale.)

25. — Hugo Boyko (Directeur du Laboratoire d'Ecologie du Ministère de l'Agriculture, Jérusalem, Israël). *Les solutions que l'écologie végétale fournit à certains problèmes d'hydrologie et de technique hydraulique dans les régions arides.* (La végétation fournit des indications immédiates sur les précipitations atmosphériques, sur la nature et la porosité de certains sols, sur la profondeur de la nappe souterraine et sur ses fluctuations. Importance de l'évapotranspiration dans les marécages des zones arides. Collaboration indispensable des écologistes et des hydrologues, à l'échelle internationale.)

26. — Raymond Furon (Chef de la Mission d'Assistance Technique de l'UNESCO en Turquie, Istanbul). *Hydrogéologie, Météorologie, Biogéographie, Archéologie et Sociologie.* (Relations étroites entre l'Hydrogéologie et d'autres sciences, qui apportent des renseignements de base même en l'absence de documentation comme c'est le cas en Turquie. Importance des données archéologiques dans la région de Kayseri, sur l'alimentation en eau. Lutte contre les chèvres qui ont détruit l'équilibre naturel de la Turquie. Question des cycles climatiques. Evolution des zones arides.)

27. — F. Heske (Professeur à l'Institut Forestier, Istanbul). *Observations sur l'évolution de la forêt en Turquie.* (Il y a 56 millions d'animaux domestiques en Turquie, dont beaucoup trop de chèvres. Phénomène parasitaire entraînant la destruction annuelle de 300.000 hectares de forêt. Si les forêts ne sont pas protégées, elles auront totalement disparu dans vingt ans. Répercussions sur l'hydrologie.)

28. — E. S. Hills (Professeur de Géologie à l'Université de Melbourne, Australie). *L'action des eaux souterraines dans les phénomènes géologiques.* (Certains faciès de l'eau souterraine sont encore négligés : les eaux de constitution, les eaux très chaudes du bassin artésien de l'Australie. Problèmes géochimiques. Abaissement du niveau de certaines nappes aquifères. La complexité des problèmes exige la collaboration de nombreux spécialistes possédant un fonds commun d'expérience.)

. . . . . .

Les allocutions qui marquèrent la fin du Colloque soulignèrent la satisfaction de tous les participants. Le Comité turc fut félicité

pour la bonne organisation du Colloque et remercié pour l'accueil réservé aux délégués. Pour ne pas gaspiller les précieuses ressources en eau, ce sont les crus des vignobles de Turquie qui furent étudiés au cours des réceptions organisées par les Ministères de l'Agriculture et des Travaux Publics, aussi bien qu'au cours des réunions privées. Le cocktail offert par la Municipalité d'Ankara eut un plein succès, ainsi que les invitations aux spectacles (danses folkloriques et Opéra). La visite de la ville d'Ankara et de ses environs a montré aux congressistes l'évolution qui s'est faite depuis 25 ans, sous l'influence d'Atatürk, le vigoureux créateur de la Turquie moderne. C'est sans doute un des points les plus curieux de l'Ancien Monde, où l'on peut voir, superposées (et parfois réemployées) des ruines hittites, grecques, romaines, galates, byzantines et turques, le tout surmonté par des sirènes d'alarme aérienne voisinant avec des nids de cigognes.

La réunion se poursuivit par une pénible excursion de trois jours (30 avril - 2 mai) autour du grand Lac Salé de l'Anatolie centrale, au cœur de la zone aride. Il faut dire qu'à cette époque, la zone dite aride bénéficie de pluies diluviennes et montre souvent des paysages honteusement verdoyants ! La démonstration eût été plus spectaculaire au cœur de l'été, lorsque le grand Lac Salé met une frange de sels blancs au bord de pâturages qui n'ont plus que le triste aspect d'un tapis brosse rapé...

. . . . . .

Ce colloque international a eu une réelle importance scientifique. Des spécialistes de diverses disciplines, venus de tous les points du globe, ont pu se réunir, exprimer leurs points de vue et les discuter de vive voix. Peu à peu, un programme de travail en zone aride se dégage. On comprend mieux que l'Hydrogéologie est une science complexe et que la recherche scientifique des eaux souterraines doit s'appuyer sur une série de connaissances qui permettent de comprendre l'origine et l'évolution d'une zone aride ou semi-aride.

La Météorologie actuelle se trouve complétée par les données de l'Histoire et de l'Archéologie. On peut ainsi distinguer des déserts naturels et des zones devenues arides du fait de l'homme. On tente de discerner la réalité et la répartition géographique des cycles climatiques encore mal définis. L'étude des roches, de la structure géologique, de la végétation, de l'érosion du sol, de l'utilisation agricole, de la répartition et de la profondeur des puits, de la qualité des eaux, de leur origine et de leur circulation, de la vie sociale, etc., tout cela constitue un ensemble dont les données sont nécessaires à la documentation de base. Rien ne peut être fait en l'absence d'une telle

documentation, sous peine d'engager de grosses dépenses au hasard et de courir le risque de graves échecs. Une campagne hydrologique en pays neuf ou mal connu doit donc débuter par de telles recherches, qui seront plus ou moins longues selon la qualité des documents d'archives.

La coopération internationale devient fort précieuse lorsqu'on aborde la recherche effective de l'eau souterraine, parce que la publication des conditions hydrologiques des autres régions permet des comparaisons et des hypothèses. Il ne faut pas oublier cependant qu'il n'y a guère de lois universelles valables indifféremment pour toutes les régions. Chaque zone doit être étudiée séparément et complètement, sous tous ses aspects et avec tous ses problèmes particuliers, avant de passer aux sondages de reconnaissance et à la prospection géophysique. C'est alors seulement que des spécialistes expérimentés peuvent engager une grande campagne de forages, avec des chances de succès.

Il faut féliciter l'UNESCO d'organiser et de publier de telles enquêtes internationales, qui rejoignent celles sur la Protection de la Nature (1949). Il faut également féliciter le Bureau d'Assistance Technique qui envoie des missions d'experts dans les pays qui en font la demande, afin de faciliter le développement économique et social des zones insuffisamment développées. La Turquie est au nombre des premières nations à bénéficier de cette généreuse collaboration, on peut espérer qu'elle saura en profiter pleinement.

R. FURON.

Le Congrès de la DECHEMA

par Clément DUVAL

Du 18 au 25 mai 1952 se sont déroulées à Francfort-sur-le-Main de grandioses manifestations scientifiques — conférences et expositions d'appareils chimiques — pendant la réunion commune du 25e Congrès International de Chimie industrielle et le 27e Congrès annuel de la DECHEMA (Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen). Pendant la semaine suivante, le Congrès fut complété par des visites d'usines et par des excursions en autocars s'étendant jusqu'à la Suisse, l'Italie et l'Autriche.

Une vingtaine de sociétés ou associations techniques et scientifiques d'Allemagne, d'Angleterre, d'Autriche, du Luxembourg, de Hollande, de Belgique, d'Espagne, de Finlande, de France, de Grèce, d'Italie, de Suède, du Portugal et de Suisse avaient répondu à l'appel du Dr phil. Hans Broche, président de la Dechema. L'organisation était due au prof. H. Bretschneider pour tout ce qui concerne l'exposition et au prof. Fischbeck (Heidelberg) pour l'ordonnance des conférences.

Dans son discours d'ouverture, Bretschneider s'exprimait ainsi :

« On peut facilement distinguer trois plans sur lesquels les « peuples établissent leurs relations : le plan politique, le plan éco- « nomique et le plan scientifique et technique.

« Ce dernier s'est révélé très résistant aux crises. Les résultats « des recherches scientifiques, notamment lorsqu'il s'agit de « sciences exactes, sont indépendants de la politique et des idéolo- « gies. Pour eux, la seule pierre de touche qui soit sûre est l'expé- « rience. Les amitiés scellées sur le plan scientifique et technique ont « survécu aux guerres. »

L'exposition des appareils de laboratoire était répartie dans deux halls énormes n° 5 et 6 ; l'appareillage industriel, le génie chimique, formaient cinq autres halls ; nous avons compté près de 600 firmes exposantes, en grande majorité allemandes. Par métier nous nous sommes surtout arrêtés dans le hall n° 5 (installation du laboratoire et analyse) qui demandait à lui seul plusieurs jours d'examen.

A côté de toutes les catégories de balances, de colorimètres, de microscopes, d'objets en verre, en porcelaine, en matière plastique,

du matériel de protection, des produits purs pour laboratoire, nous avons trouvé un vaste stand de librairie où toute la production chimique allemande était exposée. Des tables spéciales portaient en bonne place les meilleurs livres modernes de chimie française. L'Institut Gmelin exposait les fascicules parus jusqu'ici dans la 8e édition, en cours depuis 30 ans. La société « Heraeus », d'Hanau, exposait un petit four à résistance de platine-rhodium, consommant 2 kilowatts et maintenant en son centre une température d'environ 1.800°. Dans une salle voisine, la société microchimique autrichienne exposait les récentes productions des savants de la Technische Hochschule et de l'Université de Graz, à savoir un appareil automatique rapide pour le dosage de l'azote par le procédé Dumas-Pregl, un appareil de micro-extraction pour les taches formées au cours de la chromatographie sur papier ; le professeur Gorbach qui l'exposait, l'a complété avec un micro-colorimètre formé d'un simple tube capillaire de quelques centimètres de long. Par contraste, de l'autre côté de la cloison, on voyait une usine productrice de chlore. Un hall comportait tous les appareils de mesure imaginables ; en une semaine, on pouvait donc faire un nombre respectable de kilomètres dans ce grand village qu'est la Dechema, dans un cadre agréable, fleuri, avec salon d'accueil bien organisé et muni d'interprètes très obligeants, avec deux restaurants, un bureau de poste, une salle de congrès, une salle de théâtre, etc...

En ce qui concerne la partie scientifique, il avait été décidé de ne pas présenter de communications, mais seulement 30 conférences plénières (6 par matinée) sur des sujets imposés, relatifs au génie chimique et à l'automatisme. Ces conférences duraient 45 minutes et seront reproduites dans le livre de la Dechema. La salle de conférences contenait, paraît-il, 2.500 auditeurs. Nous relevons les titres des sujets traités par des Français :

J. Cathala (Toulouse). — *Concepts fondamentaux du génie chimique.*

R. Leclerc (Toulouse). — *L'ingénieur du génie chimique devant le problème des données manquantes.*

C. Duval (Paris). — *Nouveau procédé de pesée continue pour la chimie analytique.*

Parmi les conférences en langue allemande, l'intérêt s'est porté surtout sur la causerie fortement documentée et illustrée du Dr Reppe, de Ludwigshafen, qui a exposé un certain nombre de synthèses au départ de l'acétylène, sur celle du Pr. Tödt (Berlin), qui donne un procédé automatique pour doser de grandes ou de petites quantités d'oxygène dissous ou mélangé à d'autres gaz, et

sur celle du Pr. Hüttig (Graz) qui a fait une étude théorique et appliquée du broyeur à galets, étude qui amène des surprises et des concepts nouveaux.

Nous avons été très bien reçus, aussi bien par la municipalité de Francfort (représentation de « Carmen » à l'Opéra), que par la Société des matières colorantes de Höchst qui avait organisé à Wiesbaden une représentation théâtrale fort goûtée, suivie d'un plantureux buffet. Beaucoup de Français ont, comme moi, été fort impressionnés par cette semaine passée à Francfort qui nous a montré ce que peut faire en quelques années un peuple vaincu aidé par le plan Marshall.

Clément Duval.

Les Livres Reçus (suite)

MOSTOWSKI (Andrzej). — Sentences undecidable in Formalized Arithmetic. And exposition of the theory of Kurt Godel.

MOTHES (J.). — Techniques modernes de contrôle des Fabrications (Dunod, Paris).

NIGGLI (P.). — Gesteine und Minerallagerstatten. II. Exogene Gesteine und Minerallagerstatten (Verlag Birkhauser, Bâle). Relié : fr. S. 49,40.

POUQUET (Jean). — Les Monts du Tessala, Chaînes sud-telliennes d'Oranie (Essai morphogénétique) (S. E. D. E. S., Paris). 2.000 francs.

RENAULT (René). — Chimie Théorique (Ed. de la Revue d'Optique, Paris).

RICCI (André). — L'Hydrogène (Collection « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris).

TRAVERS (A.). — Notions modernes sur l'Atome et la Valence (Vuibert, Paris). 800 francs.

TRICART (Jean). — La Partie orientale du Bassin de Paris : Tome II. Les systèmes d'érosion quaternaires et leur rôle morphologique (S. E. D.-E. S., Paris). 2.000 francs.

VERNET (Dr Maurice). — La Vie et la Mort (Collection de Philosophie scientifique, Flammarion, Paris). 650 francs.

VERCON (Philip E.). — La Structure des Aptitudes humaines (Presses Universitaires, Paris). 800 francs.

WILENKO (Léon-Karol). — Méthode et répartition algébrique des moments (Béranger, Liége et Paris). 1.100 francs.

Colloque International d'Acoustique architecturale (Ed. de la Revue d'Optique, Paris).

Upper air data and special synoptic observations, Fasc. 30-31 (1945-46), 32 (1947) et 33 (1948) (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut).

LES LIVRES

Pierre AUGER. — L'homme microscopique. — Un vol. in-8° de la Biblioth. de Philosophie scientifique, 235 p. 13 × 19. Edit. Flammarion, Paris 1952. Prix : 540 francs.

Dépassant largement le champ de ses travaux connus sur le méson, les rayons cosmiques, l'auteur s'efforce ici de jeter des ponts entre la science des atomes et le domaine des valeurs humaines ; de faire pénétrer jusque sur le terrain de l'éthique et de l'esthétique les méthodes des sciences exactes : cela, en s'inspirant de certaines parties de la biologie, telles la génétique, la théorie de l'évolution. L'échec de l'ancien matérialisme doit laisser place à un rationalisme s'attachant à tout bien comprendre, au-delà des artifices verbaux.

La recherche s'amorce à partir des différences séparant les trois mondes des choses, de la vie, de la pensée et des progrès que les changements de l'échelle expérimentale, depuis plus d'un siècle, ont permis de réaliser en s'efforçant de comparer ces trois domaines et d'y trouver des rapprochements.

L'auteur nous en offre qu'on ne saurait accuser de manquer d'originalité. Le système très ample qu'il a voulu construire pose, d'une part, des problèmes scientifiques dont il sera intéressant de suivre l'étude à la lumière des faits, dans des domaines variés ; d'autre part, des problèmes philosophiques au sujet desquels on peut prévoir d'ardentes discussions.

Nous ne pouvons mieux faire que de signaler ce livre à ceux qui ont le goût de la critique scientifique et savent l'exercer d'une manière constructive.

G. BOULIGAND.

R. BAYER. — Recueil des travaux du XV^e^ Congrès international de Philosophie des Sciences, Paris 1949. — Act. Sc. et ind., Hermann ; fasc. 1146 ; Calcul des Probabilités, prix : 860 fr. ; fasc. 1153, Physique, prix : 1.000 fr. fasc. 1155, Biologie, prix : 800 fr. ; fasc. 1156, Sciences de la Terre, prix : 800 fr. ; fasc. 1166, Histoire des Sciences, prix : 800 fr. ; fasc. 1167, Pédagogie des Sciences, prix : 800 fr.

Ces fascicules font suite à ceux concernant l'**Epistémologie** (n° 1126), la **Logique** (n° 1134), la **Philosophie mathématique** (n° 1137), dont un compte rendu a été donné ici même en 1951 (t. LVIII, p. 245-246). Ils parachèvent la collection et confirment l'importance de l'effort qui fût fait au XV^e^ Congrès international, pour préciser les nouveaux espects des méthodes scientifiques.

Le **Calcul des Probabilités** (président : Maurice Fréchet) accuse des divergences au sujet de la manière dont les divers savants qui s'en occupent envisagent ses principes. Il serait peut-être téméraire d'espérer, à ce sujet, l'apparition prochaine d'une tendance à l'unité de vue. Mais précisément, l'ardeur des discussions montre qu'un travail critique et constructif peut être accompli utilement. Et le grand avantage du fasc. 1146 est de rassembler, en 140 pages, toute la documentation de base nécessaire pour s'engager dans une synthèse plus approfondie. Cela n'est possible qu'avec l'appui des idées clairement explicitées par MM. Emile Borel, Georges Darmois, B. de Finetti, Maurice Fréchet, Paul Lévy, P. Nolfi, Jean Ville, etc...

La **Physique** (président : Louis de Broglie) reste en pleine évolution depuis l'éclosion des théories relativistes et celles des théories quantiques. Ces thèmes rassemblent ici divers noms, parmi lesquels on retrouve notamment ceux de O. Costa de Beauregard, J. L. Destouches, R. Lennuier, A. Mercier. Mais la pièce maîtresse du fasc. 1153 est l'étude de Louis de Broglie : **une conception nouvelle de l'interaction entre les particules chargées et le champ électro-magnétique.** Cette recherche s'inspire du problème qui se pose lorsqu'on désire écarter les difficultés provenant du fait suivant : le caractère ponctuel des corpuscules électrisés conduit à leur attribuer une énergie et une masse propre infinies. L'auteur parvient à y échapper, comme en ses notes du t. 229 des Comptes Rendus, en liant le champ photonique au champ mésonique, ce qui ouvre de nouvelles perspectives à la Physique du noyau.

⁂

Les deux volumes consacrés aux Sciences Naturelles émergent de l'ensemble par un souci spécial d'éviter la dispersion et de faire vraiment œuvre méthodologique.

Une étude de Paul Brien sur les méthodes de la zoologie générale amorce excellemment le fascicule **Biologie** (président : Maurice Caullery) et prépare bien aux articles suivants concernant les méthodes dans l'exploration de la morphogenèse (Albert M. Dalcq), dans la génétique (Haldane, Londres), en Cytologie (Prenant), dans l'étude des hormones (Max Aron), dans l'endocrinologie (Marc Klein, Gaston Mayer), ou encore les recherches sur la mémoire du temps chez le lézard (Ch. Kayser, Ch. Marx). A signaler aussi du côté de la Botanique, deux études : dans l'une, morphologique, L. Plantefol rajeunit la théorie de la phyllotaxie ; l'autre, de Maresquelle, reprend le principe de filiation et en explicite l'aspect mathématique.

Voici les **Sciences de la Terre** (président : Jean Piveteau). En paléontologie comme en géologie, la synthèse des faits sollicite en première ligne l'histoire des phénomènes passés. Et bien que de nombreux problèmes géologiques mettent à contribution les sciences physico-chimiques, la géologie dans son ensemble n'en garde pas moins une individualité très marquée. Autour de ce thème et de thèmes voisins, gravitent les exposés De MM. Demay, Goguel, Raguin, Wegmann. Les aspects scientifiques de la géographie sont présentés par M. A. Cholley. Les paléontologistes (MM. Teilhard du Chardin, P. de Saint Senne) ont montré comme un dynamisme du passé qu'ils évoquent et dégagé le rôle de leur science dans l'étude du problème de l'évolution. A noter aussi les précisions méthodologiques apportées à la recherche des origines humaines (von Kœnigswald). Divers auteurs (A. C. Blanc, Viret, Tintant, Gignoux) ont mis l'accent sur le côté philosophique.

L'histoire des Sciences (président : Pierre Sergescu) est une discipline nouvelle, dans la mesure où elle s'applique à marquer, au point de vue global, l'évolution de la Structure interne de la Science. A ce titre, les méthodes, à la faveur d'un matériel sans cesse amélioré, sont en voie de formation. C'est ce qu'explicite avec netteté M. Arnold Reymond, qui montre que l'histoire des sciences doit tabler sur une histoire de la pensée scientifique (chose difficile, si l'on en juge par des tentatives récentes...). De son côté, le Père H. Bernard-Maître montre qu'on ne saurait traiter de la même manière sciences d'Extrême-Orient et sciences occidentales. Les exposés de MM. Bruins, Itard, Koyré, Taton et quelques autres, montrent bien la nécessité du rôle actif qui revient aux spécialistes.

La **pédagogie des Sciences** (président : Albert Châtelet) a donné lieu à des exposés variés, où toutes les disciplines scientifiques trouvent leur place. Cela offre l'avantage de rassembler un certain nombre d'éléments, qui, j'en ai l'impression, gagneraient à être étoffés à la lumière des problèmes didactiques les plus actuels et les plus immédiats.

Dans l'ensemble se confirme la réussite d'un Congrès qui sera toujours cité comme l'un des plus fructueux efforts de synthèse philosophico-scientifique jusqu'à présent réalisé.

BOHM (David). — Quantum Theory. — 1 vol. 646 p., New-York, Prentice Hall Inc. 1951.

Les ouvrages d'initiation avec théories quantiques se bornent généralement à l'exposé dogmatique des méthodes de la mécanique ondulatoire et de leurs applications à un petit nombre de problèmes simples, aujourd'hui classiques, et il est assez rare (surtout chez les anglo-saxons) de voir tenter de justifier et, éventuellement, critiquer le formalisme admis actuellement. Les difficultés conceptuelles liées au principe de complémentarité et à la théorie de la mesure sont généralement considérées comme relevant uniquement du domaine de la spéculation philosophique et hors de discussion pour le physicien. Il est donc remarquable de trouver dans le livre de M. D. Bohm, un exposé clair et précis des éléments de la mécanique ondulatoire insistant sur les conditions de l'interprétation des faits expérimentaux qui ont conduit à l'élaboration de l'axiomatique quantique, et mettant en évidence le rôle que joue la théorie de la mesure en mécanique quantique. Très facile à lire, sans abstractions mathématiques inutiles, cet ouvrage donne un exposé très voisin de celui suivi dans l'enseignement français et complétera utilement pour les étudiants l' « Introduction à la mécanique ondulatoire et la « Théorie de la quantification » de Louis de Broglie.

Une première partie donne une vue d'ensemble des bases physiques de la mécanique ondulatoire et de son formalisme : première théorie des quanta, introduction des ondes de Broglie, introduction du formalisme probabiliste de la mécanique ondulatoire, relations d'incertitudes de Heisenberg, éléments de la théorie de la mesure, principe de complémentarité, problèmes philosophiques soulevés par la description quantique du domaine microscopique. La seconde partie expose le formalisme mathématique général de la mécanique ondulatoire : fonctions d'ondes et opérateurs, équations de Schrödinger, valeurs propres et fonctions propres. Ce formalisme est appliqué et étendu dans la troisième partie de l'examen des problèmes particuliers : étude des solutions des équations d'ondes dans le cas des puits de potentiel constant, méthode d'approximation de Wentzel-Kramers-Brillouin, étude de l'oscillateur harmonique, étude de l'équation d'onde tridimensionnelle et résolution du problème de l'atome d'hydrogène, formulation matricielle de la théorie quantique, théorie générale des moments cinétiques et du spin. La quatrième partie expose les différentes méthodes de perturbation utilisées pour la résolution approchée des équations de Schrödinger : perturbations indépendantes ou dépendantes du temps, perturbations dans les cas de dégénérescence, perturbations soudaines ou adiabatiques. La cinquième partie est consacrée à la théorie de la diffusion. Dans la sixième partie, M. Bohm revient sur la théorie de la mesure et discute les nombreux paradoxes rencontrés dans cette théorie.

Dans cet ouvrage, M. Bohm soulève à plusieurs reprises le problème de la validité du raisonnement de M. Von Neuman, sur la non possibilité d'éliminer le caractère indéterministe essentiel de la mécanique ondulatoire en faisant intervenir des variables ou paramètres « cachés » de nature convenable. On sait que dans une théorie très discutée depuis près d'un an et publiée en janvier 1952, dans deux articles du Physical Review, il a proposé d'abandonner l'interprétation de Bohr et Von Neuman et de revenir à la théorie de l'onde pilote proposée en 1927 par M. Louis de Broglie, et abandonnée depuis en faveur de la conception purement probabiliste de la mécanique ondulatoire. Dans un séminaire récent à la suite d'un exposé de M. Vigier qui développe cette théorie, M. Louis de Broglie et M. W. Pauli ont insisté sur le fait qu'aucun argument décisif n'avait pu

jusqu'ici être présenté, soit contre le formalisme probabiliste et non déterministe de la mécanique quantique, soit en faveur de la nouvelle formulation déterministe.

G. PETIAU.

Lucien CUÉNOT. — L'évolution biologique, les faits, les incertitudes (avec la collaboration d'Andrée TETRY). — 1 vol. 592 pages, avec 197 figures. — Masson et Cie, édit., Paris 1951. Prix : 2.500 francs.

L'évolution biologique est l'histoire des changements présentés par la matière vivante depuis son apparition sur la terre, il y a un ou deux milliards d'année jusqu'à l'époque actuelle. Le Transformisme, synonyme exact d'Evolution biologique, soutenu il y a près d'un siècle par Darwin, âprement combattu depuis, n'est pas une hypothèse, une théorie ou une foi et doit être aujourd'hui reconnu comme un fait solidement établi. Cet important ouvrage résume tout le travail de son auteur, constitue la plus sûre garantie de son succès.

Divisions de l'ouvrage.

Livre I : Les Faits. — 1°) La vie, les êtres vivants : caractères des êtres vivants, apparition de la vie sur la terre, l'évolution dans le temps. — 2°) Les règles de l'évolution. — 3°) Les facteurs de l'évolution : variation et hérédité, étude cytologique du patrimoine héréditaire, variation de l'appareil chromosomien, les mutations au sens large, physiologie du gène, hérédité cytoplasmique, cas particuliers de l'hérédité, l'hérédité humaine, sélection artificielle,, phénogénétique. — 4°) L'adaptation : l'adaptation statistique, le passage d'une adaptation statistique à une autre adaptation, la concurrence pour vivre, la fécondité, moyen de défense, la sélection, pan mixie, sélection naturelle chez l'homme, l'eugénique, sélection sexuelle. — 5°) La genèse des espèces : quelques mécanismes de spéciation, comparaison des caractères spécifiques et des mutations naturelles, diverses étapes de la spéciation, grande et petite évolution.

Livre II : Les Incertitudes. — Noyau, orthogenèse, couleurs animales, hérédité des caractères acquis, hasard et finalité, conclusion des conclusions. Table alphabétique.

R. CAVIER.

H. DELABY. — Bases techniques à la télévision. — Collection de la Radiodiffusion française, Eyrolles, édit, Paris 1951. Prix : 2.200 francs.

Après avoir donné les définitions fondamentales concernant les réponses transitoires, l'auteur étudie, dans les premiers chapitres, le problème de la compensation dans les amplificateurs à large bande et décrit les équipements de prise de vue et de télécinéma. Le chapitre VIII, concernant l'amplificateur haute fréquence, passe en revue les différentes solutions adoptées : amplificateur à circuit accordé, à circuit décalé, à double circuit accordé.

Au chapitre IX, sont appliqués les résultats généraux de la théorie des lignes de transmission, aux usages particuliers de la télévision : utilisation de la ligne quart d'onde et demi-onde aux adaptations d'impédance, au transformateur symétrique-dissymétrique, aux filtres.

Les chapitres suivants sont consacrés à la description des circuits de l'émetteur, de l'antenne de réception et d'émission, le dernier chapitre étant consacré à l'étude du récepteur.

Cet utile ouvrage comporte de nombreuses références dans le texte, et les calculs théorique relatifs à certains résultats indiqués sont traités en appendice au chapitre correspondant.

M. PARODI.

DANGEARD (L.). — La Normandie. — 1 vol. in-8°, 240 pages, 19 figures et 5 cartes, 1 carte et 7 planches hors-texte. (Géologie régionale de la France, Fasc. 7.) Paris, 1951, Hermann et Cie, éditeurs..

La Collection « Géologie régionale de la France » s'est enrichie d'un très beau volume sur la Normandie. Professeur à la Faculté des Sciences de Caen depuis de longues années, l'auteur présente la géologie de la Normandie (sauf le Pays de Bray) d'une manière originale, en tenant compte de toutes les connaissances acquises. Aux indications stratigraphiques et paléontologiques, viennent s'ajouter des indications sur les variations de faciés et la paléobiologie. On suit ainsi toute l'histoire géologique depuis le Précambrien : le Cambrien, le Silurien et ses minerais de fer, le Dévonien, le Carbonifère et ses niveaux à charbon, le Permien rouge (700 m. d'épaisseur) et le Trias dont les eaux alimentent en partie la ville de Caen. Le Jurassique classique fait l'objet de beaux chapitres. Viennent ensuite le Crétacé, puis le Tertiaire avec ses phénomènes d'érosion et de tectonique, enfin le Quaternaire. L'ouvrage se termine par des renseignements sur les forages profonds et un index alphabétique. Je souligne également le grand intérêt d'une bibliographie très importante, groupée à la fin de chaque chapitre.

R. FURON.

P. DELORE et M. MILHAUD. — Précis d'Hydrologie et de Climatologie clinique et thérapeutique. — 1 volume in-8° de 538 pages. — G. Douin et Cie, éditeurs, Paris (6e), 1951. Prix : 2.750 francs.

Ce très important traité est conçu dans un esprit général dont on peut louer sans réserve ses deux auteurs. Ces derniers auraient pu présenter ce livre sous la forme d'un catalogue de stations hydrominérales ou climatiques, classées plus ou moins arbitrairement d'après leur position géographique et leur indications thérapeutiques. Tout au contraire, ils ont préféré réaliser un ensemble coordonné montrant que bien souvent les effets climatiques s'associent au traitement par les eaux.

Il s'agit donc d'un ouvrage des plus homogènes où les problèmes envisagés sont traités sous tous leurs aspects. Il apparaît tout à fait normal de ce fait de voir s'intégrer dans un tel ouvrage un chapitre consacré à l'aérothérapie, un autre à l'héliothérapie, etc... De même dans le chapitre consacré à la climatothérapie de montagne, un paragraphe ayant trait au mal des montagnes conduit logiquement au sous-chapitre suivant qui traite du caisson à dépression atmosphérique. Enfin, dans la masse des lois et décrets régissant les stations hydrominérales et climatiques, les dispositions les plus importantes ont été sélectionnées et se trouvent reproduites dans diverses parties du traité.

La tâche qu'entreprenaient les deux auteurs était fort délicate, car la France se caractérise par une remarquable variété de stations thermales et climatiques. Il était donc les plus difficiles de relier tant de faits distincts et de les rassembler en chapitres homogènes ; c'est ce qu'on fort bien réussi les auteurs dans les trois principales divisions de l'ouvrage :

I. — Eléments d'hydrologie : le thermalisme et les eaux minérales.
II. — Eléments de climatologie.
III. — Clinique thermale et climatique.

L'hydrologie fait appel à des notions provenant des disciplines scientifiques les plus diverses ; de même l'étude de l'action des eaux minérales et des stations climatiques exige d'avoir recours à toutes les ressources que peuvent apporter l'examen clinique direct, les appareils de physique médicale et l'emploi des techniques biochimiques et physiologiques. Tous ceux qui s'intéressent à l'une ou l'autre de ces disciplines à incidences hydrologiques consulteront avec fruit l'ouvrage de MM. Delore et Milhaud. D'ailleurs au cas, fort improbable, où ils ne trouveraient pas le renseigne-

ment escompté, ils seront certainement orientés pour sa recherche en se reportant à la fin de l'ouvrage : ils y trouveront un chapitre où se trouvent réunies les références de toutes les publications de premier plan se rapportant à l'hydrologie et la climatologie.

En cette époque de spécialisation progressive et de progrès continuel des sciences, cette pratique de compléter un traité par une bibliographie conçue sous un aspect assez général, ne peut que renforcer l'intérêt et la valeur d'un ouvrage ; il serait des plus souhaitables de voir se généraliser cette pratique.

Le traité de P. Delore et M. Milhaud s'intègre donc parfaitement dans le cadre renommé et l'esprit de la Collection Testut qui s'adresse non seulement aux étudiants, mais aussi à un vaste public scientifique.

J. E. COURTOIS.

ELLIOTT (Charlotte). — Manual of Bacterial Plant Pathogens. — Seconde édition, entièrement révisée, **Collection Annales Cryptogamici et Phytopathologici,** vol. 10, 1 vol. de XII-186 p., **The Chronica Botanica C°,** édit. Waltham, Mass. (U. S. A.), 6 dollars. Paris VI. Libr. Reymann, 17, rue de Tournon.

La présentation de cette deuxième édition a été changée pour rendre la consultation de l'ouvrage plus aisée. La nomenclature correspond presque complètement à celle qui est adoptée dans BERGEY'S Manual, de 1948. De sérieux progrès dans la connaissance des caractères des organismes ont permis de séparer des groupes plus naturels, et, par suite, la nomenclature devient plus uniforme et plus stable. On trouvera les diagnoses des genres (avec références : auteurs, dates, publications) dans la Préface.

L'ordre alphabétique est adopté pour classer les genres et les espèces. Dans la 1re partie se trouvent les Bactéries reconnues comme agents pathogènes des plantes. Dans la 2e partie, se trouvent réunies les espèces ayant été observées dans les végétaux, mais dont le caractère pathogène reste douteux. La 1re partie est, de beaucoup, la plus volumineuse (pp. 1-152) : **Agrobacterium, Bacterium, Corynebacterium, Erwinia, Pseudomonas, Xanthomonas** (ces deux derniers genres renferment le plus grand nombre d'organismes). La 2e partie groupe des **Bacillus, Bacterium, Micrococcus** (10 esp.), **Proteus** (1 esp.), **Pseudomonas** (6 esp.). Pour chaque espèce, le nom adopté est suivi de ses synonymes (références complètes) ; viennent ensuite : caractères morphologiques, actions sur les divers milieux de culture, caractères physiologiques, températures (optimale, minimale, etc.), symptôme de la maladie, traitements préconisés, répartition géographique actuellement connue, enfin des références (occupant parfois plusieurs pages) aux travaux relatifs à l'espèce envisagée. L'ouvrage se termine par deux index : Bactéries citées et plantes-hôtes.

Paul JOVET.

GREGG (S. J.). — **The surface Chemistry of solids** (La Chimie Superficielle des solides). — Un volume relié toile, 14 × 22 cm., IX + 297 pages, 105 fig. (comprenant courbes, schémas, reproductions photographiques). — Chapman et Hall Ltd., éditeurs, Londres (1951). Prix : 30 sh.

L'auteur est chargé d'un cours de Chimie des surfaces à l'Université anglaise d'Exeter, et lui-même, par ses recherches, a contribué au développement de cette branche de la chimie. Le présent ouvrage est consacré aux surfaces solides uniquement et, comme nous l'explique M. Gregg, avec objectivité dans sa préface, les sujets étudiés ne peuvent manquer de refléter les préoccupations et les conceptions de l'auteur. C'est là, sans nul doute, ce qui rend son livre vivant et instructif. Nous n'avons pas affaire à une monographie, ni d'ailleurs à un traité puisque le nombre des sujets étudiés a été limité. Les questions choisies sont cependant très variées ; mais l'auteur a su faire ressortir, dans la diversité des phénomènes étudiés,

les idées générales qu'il convenait d'en dégager, chaque fois que cela était possible. Ainsi l'existence d'un champ de forces à la surface d'un solide relie entre eux des phénomènes en apparence très différents, comme l'adsorption, l'adhérence, l'étalement des liquides, la catalyse. On voit l'influence primordiale, sur ces phénomènes, des pellicules adsorbées, qui interviennent également dans les questions de frottement et de lubrification.

Des domaines importants ont été omis délibérément, comme l'étude des sols colloïdaux, des phénomènes d'électrodes et électro-cinétiques ; car ces questions sont trop importantes pour qu'il soit permis de les ramener à un simple chapitre de la chimie superficielle. L'ouvrage traite donc des sujets suivants :

Adsorption des gaz et des vapeurs par les solides. — Adhérence et rôle de l'adsorption sur celle-ci —. Solides actifs. — Pellicules sur les surfaces des liquides. — Interprétation de l'isotherme d'adsorption. — La surface externe d'un solide, porosité, perméabilité, poussières et fumées. — Le microscope électronique et la diffraction des électrons, leur application à l'étude des surfaces. — Frottement et lubrification. — Etalement d'un liquide sur un solide. — Adsorption des liquides, chromatographie. — Détermination de la surface spécifique ; l'énergie superficielle et la densité d'un solide. — Catalyse et adsorption chimique. — Le rôle joué par les surfaces dans les réactions chimiques.

On trouvera après chaque chapitre une bibliographie sommaire ; de par l'esprit même dans lequel le livre a été écrit, cette bibliographie est généralement limitée aux travaux parus au cours des 30 dernières années, dans les revues scientifiques anglo-saxonnes.

En conclusion, l'auteur nous rappelle que les sujets traités sont parmi les questions en pleine évolution et que de nombreux progrès restent encore à faire. Ces problèmes touchent à la fois au domaine de la chimie, de la physique et de la biologie, ils seront résolus par la mise en œuvre de tous les moyens modernes et également traditionnels dont disposent ces trois disciplines. C'est pourquoi également, tous ceux qui s'intéressent à l'une d'entre elles aimeront à lire, sinon à étudier, le livre précis de M. Gregg.

P. DUPONT.

GUYOT (A.-L.). — **La Biologie végétale.** — 1 vol. 128 p., 4 fig. Collection « Que sais-je ? ». Presses Universitaires de France, Paris 1951.

Cet ouvrage passe en revue : germination, croissance, floraison, pollinisation, fécondation, fructification, chacune de ces subdivisions constituant un chapitre. D'un style très concis, ces pages renferment un nombre considérable de faits. Citons, au hasard : durée de longévité des semences, conditions favorables à la germination (inclus les phénomènes d'antagonisme étudiés particulièrement par l'auteur et ses élèves, résumés pp. 26-27), déterminisme de la floraison (pp. 79-80), pollinisation des espèces aquatiques, chasmogamie très probable des **Ægilops** (pp. 107-108). Cette Biologie végétale, malgré le très petit volume des ouvrages de cette collection, sera non seulement utile aux étudiants et au public éclairé, mais aussi aux botanistes spécialisés ayant besoin d'avoir rapidement des renseignements précis.

Paul JOVET.

HERTER, Dr GUILLERMO. — **Champignons comestibles** (Fungi edules). Paris, 1951, Lechevalier, édit., 1 vol. 101 pl., 1.020 fig., 203 p.

Dans sa Préface (datée : Montevideo, Noël 1949), l'auteur indique qu'il a voulu « bien faire connaître » les champignons comestibles. Il a réalisé cet Atlas en empruntant les figures aux travaux d'une trentaine d'auteurs. 101 espèces « faciles à connaître » sont représentées « moitié de la grandeur naturelle » : plusieurs individus jeunes, âgés, entiers et coupés. Les

spores sont également figurées : gr. 1.000. Pour chaque espèce, on trouve : nom scientifique, noms populaires français et allemands, description (chapeau, feuillets, pied, chair, odeur, saveur...), notes succintes sur l'habitat, l'utilisation, observations relatives à la classification, aux confusions possibles avec des espèces non comestibles ou toxiques. Cet Atlas de dessins au trait imprimés en noir se termine par un index bibliographique et des tables (groupement par familles, ordre alphabétique pour les noms scientifiques et populaires).

Paul JOVET.

H. T. JESSOP et F. C. HARRIS. — Photoélasticité. — Principes et méthodes. — Traduit par G. Henriot. — 1 vol. VII-236 p., 16 × 25, 164 fig., Paris 1952. Dunod, Edit. Relié toile, prix : 2.350 francs.

La photoélasticité est une méthode de détermination de la répartition des contraintes dans une structure ou une pièce de machine chargée par l'examen en lumière polarisée d'un modèle analogue réalisé au moyen d'un matériau transparent possédant des propriétés convenables. Le modèle soumis a un système de charges analogue à celui que la pièce étudiée est destinée à subir donne lieu, en lumière polarisée, à deux systèmes de franges à partir desquels l'on peut calculer en chaque point l'amplitude et la direction des contraintes. L'emploi de la photoélasticité nécessite donc, avec la connaissance des techniques particulières à cette méthode, celle d'éléments de la théorie de l'élasticité et de l'optique ondulatoire.

Dans leur ouvrage, MM. H. T. Jessop et F. C. Harris ont rassemblé les connaissances théoriques et pratiques qui sont nécessaires à l'ingénieur ou au technicien désirant entreprendre une étude de répartition des contraintes résultant d'un système de charges particulier. Ils donnent donc, après un rappel des principes et des méthodes de l'analyse mathématique des contraintes, des principes de l'optique ondulatoire, notamment des phénomènes de la polarisation et de double réfraction, une étude détaillée des méthodes d'emploi de la photoélasticité. Un bref exposé de la théorie de la photoélasticité est suivi d'une discussion sur la réduction et l'interprétation des observations, les méthodes d'étude des problèmes à 3 dimensions par la technique du figeage des contraintes, une description détaillée du banc de photoélasticité et des modes opératoires. Une série d'exemples de problèmes pratiques, traités avec les applications numériques complètes et une série de tables, renforce encore l'intérêt de cet ouvrage.

G. PETIAU.

KIENTZ (L.). — Notions fondamentales sur les vernis et les peintures. — In-8° (16 × 25) de XIX-234 pages. Deuxième édition, revue et corrigée. Edit. Gauthier-Villars, Paris, 1952. Prix, broché : 1.300 francs.

Nombreuses sont les personnes intéressées par l'industrie des peintures et vernis, produits qu'elles vendent, achètent ou utilisent, mais dont elles ignorent la composition, les qualités et les particularités. C'est précisément le but bien défini de cet ouvrage de renseigner les usagers sur ces préparations, sans faire appel à des notions trop techniques.

L'auteur rappelle d'abord quelques notions de chimie et de physique (chapitre I), puis passe en revue les matières des vernis ou revêtements transparents et les peintures ou revêtements opaques (chapitre II). Il décrit ensuite les diverses espèces de peintures et de vernis en insistant sur leur préparation et leurs domaines respectifs d'emploi (chapitre III). Un chapitre est réservé aux lessives et aux décapants (chapitre IV). L'ouvrage se termine par la description des modes d'application des vernis et des peintures (chapitre V), et par celle des méthodes d'essais permettant de juger de leur valeur (chapitre V).

Ce livre sera lu avec grand profit, non seulement par les professionnels mais aussi par tous ceux qui, sans autre but que d'accroître la somme

de leurs connaissances scientifiques, désirent, sur ce sujet, une documentation rapide, claire et précise.

E. CATTELAIN.

Bernard LOVELL et J. A. CLEGG. — Radio Astronomy. — Collection Frontiers of Sciences series, dirigée par B. Lovell. — 1 vol. 238 p., 120 fig., 8 pl., London, 1952, Chapman et Hall, Edit. Prix 16 sh.

La radioastronomie est une science nouvelle, née depuis une quinzaine d'années des progrès réalisés en radiotechnique, qui ont permis l'extension et la spécialisation des recherches d'astrophysique portant sur les phénomènes d'origine électromagnétique. L'ouvrage de MM. B. Lovell et J. A. Clegg, clair et simple, donne une vue d'ensemble sur les phénomènes étudiés et les techniques utilisées par la radioastronomie.

Après des éléments sur l'astronomie, la transmission et la réception des ondes électromagnétiques et les techniques radioélectriques utilisées en radioastronomie, les auteurs abordent l'étude de l'astrophysique des météorites, domaine où la radioastronomie a apporté des résultats extrêmement intéressants. Après un rappel des caractères principaux des météorites, MM. Lovell et Clegg montrent comment les techniques d'observation et de mesure des échos radioélectriques ont considérablement augmenté nos connaissances sur les radiants et la répartition des météorites, et en permettant une surveillance continue du ciel, de déceler de nouveaux courants météoriques qui, en raison de la position de leurs radiants proches du soleil ne pouvaient être observés visuellement. L'augmentation de nos connaissances sur les vitesses et les orbites météoriques a permis une discussion précise de la question de l'existence éventuelle des météorites interstellaires. Par ailleurs, l'étude de l'ionisation créée par les météorites a fourni une nouvelle méthode d'investigation des phénomènes de l'ionosphère et notamment de la couche E.

Une des grandes découvertes de la radioastronomie a été l'observation, en 1942-43, sur des longueurs d'ondes de 1 à 10 cm., d'émissions radioélectriques d'origine solaire, puis l'observation, en 1942, sur des équipements radars militaires, d'émissions électromagnétiques provenant des taches solaires. Aujourd'hui l'étude de ces émissions constitue l'une des branches les plus importantes de la physique solaire et la théorie de ces émissions rattachée à celles produites par les oscillation des plasmas a fait l'objet de nombreuses recherches. Une autre découverte importante de la radioastronomie a été l'observation des ondes électromagnétiques d'origine galactique. Ces bruits galactiques ont suscités de nombreux travaux et promettent une augmentation importante de nos connaissances sur la structure de la galaxie. Des émissions analogues ont été observées provenant de la nébuleuse d'Andromède. L'étude des phénomènes de scintillation radioélectrique a montré l'existence d'étoiles à émissions radioélectriques variables. Plus récemment, à la suite de perfectionnements techniques, l'écho lunaire de signaux émis sur la terre a été obtenue par Z. Bay, en Hongrie, et par les services de l'armée américaine en 1946. L'utilisation des échos lunaires, encore à ses débuts, a déjà donné des résultats importants, notamment pour la mesure des températures de la surface de la lune.

Nous nous bornerons à ces quelques indications sur le contenu de l'ouvrage de MM. Lovell et Clegg, très intéressant et illustré d'une très belle série de planches hors-texte.

G. PETIAU.

MICHEL (Roger). — Contribution à l'étude des couches limites turbulentes avec gradient de pression. — Préface de M. A. Toussaint. — Publications Scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, n° 252. 1 vol. 123 p., Paris, 1952. — Service de Documentation et d'Information technique de l'Aéronautique, édit.

Après un rappel de la théorie des couches limites turbulentes et des résultats expérimentaux obtenus antérieurement, notamment par Nikuradsé, dans le cas des couches limites sans gradient de pression, M. R. Michel décrit les expériences qu'il a réalisé et expose les résultats qu'il a obtenus dans une série d'essais sur les couches limites d'une plaque plane soumise à une distribution longitudinale de pression constante. Passant ensuite au cas beaucoup plus complexe des couches limites turbulentes avec gradient de pression, après un examen comparé des méthodes de calcul de Gruschwitz, de Buri, de Nikuradsé, de Lees et de Squire-Young, les résultats expérimentaux obtenus au cours d'une série d'essais sur une plaque plane soumise à différentes distributions à gradient de pression et sur divers profils d'ailes, permettent la mise au point de deux méthodes de calcul de l'épaisseur de quantité, de mouvement, du paramètre de forme et de l'épaisseur de déplacement. Des tables numériques et des graphiques complètent cette étude.

G. PETIAU.

MILLER (Henry A.). — Electronic Applications. — Un vol. 110 p., 48 fig., 21 pl., London 1951. E. et F. N. Spon Ltd. edit. Prix 18/-

Cet ouvrage destiné à un grand public d'ingénieurs et de techniciens, donne une vue rapide, simplifiée, mais intéressante des principales applications de l'électronique : lampes et tubes électroniques, contrôle électronique des moteurs, applications à la régularisation et aux comptages, oscillographes cathodiques et équipements de contrôle électrique, contrôles des températures, contrôles photoélectriques, radios, radar et télévision, applications médicales (électroencéphalographe, électromyographe, électrocardiographe), application diverses (chauffage par induction, chauffage diélectrique, enregistrement magnétique de la parole, applications à la physique atomique et nucléaire). Les explications données par l'auteur aussi bien théoriques que relatives aux réalisations pratiques sont assez brèves, mais des schémas très clairs et de nombreuses photos les complètent très utilement.

G. PETIAU.

Pierre NASLIN. — Vocabulaire Technique Trilingue Français - Anglais - Allemand. — 1 vol. relié, 398 p. Editions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale, Paris, 1951.

Ce volume rassemble 19 glossaires techniques Français - Anglais - Allemand, suivis de trois répertoires alphabétiques permettant de retrouver rapidement les termes contenus dans les glossaires. Dans chacune des spécialités examinées (termes techniques et industriels généraux, organisation de l'entreprise, propriétés et essais des matériaux, pièces de machines, outils et marchines-outils, métrologie dimensionnelle, métallurgie, thermodynamique et moteurs thermiques, électricité et électronique, optique, chimie, mécanique et mécanique des fluides, mathématiques, dessins, véhicules automobiles, aviation, marine, armement, appareillages et installations diverses), M. P. Naslin a sélectionné les termes fondamentaux indispensables à la lecture des textes techniques d'usage courant sans appel exagéré au dictionnaire. D'autre part, la présentation de l'ouvrage en fait non seulement un dictionnaire, mais aussi et surtout, un instrument pédagogique indispensable pour la formation des ingénieurs et des physiciens.

G. PETIAU.

Maurice PARODI. — Sur quelques propriétés des valeurs caractéristiques d'une matrice carrée. — Fasc. CXVIII du Mémorial des Sciences Mathématiques. — 64 p. 16 × 25. Gauthier-Villars, Paris, 1952. Prix :

Cet opuscule synthétise les recherches récentes faites en vue de localiser, dans le plan complexe, les images des valeurs caractéristiques d'une

matrice carrée. Le point de départ réside en un théorème donné en 1903, par M. Hadamard, lequel a été complété par divers travaux (Maurice Janet, A. Brauer, M. Müller, A. Ostrowski). La grande portée analytique du sujet se rehausse ici des applications physiques groupées par l'auteur autour des principaux résultats (problèmes de la théorie des vibrations, problèmes de mécanique quantique). Le lecteur aura l'agrément d'un exposé autonome, sous une forme assez facile d'accès.

G. BOULIGAND.

PRIJS (B.). — Kartothek der thiazolverbindungen. — Monographie des dérivés du thiazol. — Ouvrage en 4 volumes. — Edit. S. Karger, Bâle (Suisse), 1952. — Prix 166 fr. 40 suisses. — Correspondant pour la France : E. Ulman, 16, avenue de Villiers, Paris (17e).

Devant l'abondance des recherches sur les dérivés thiazoliques, l'auteur a jugé utile de rassembler, dans une monographie, nos connaissances actuelles dans ce domaine. Il a consacré quatre volumes et douze chapitres à l'exposé des modes de synthèse, propriétés et réalisations de nombreux composés thiazoliques connus, en les classant d'après le nombre et la position des groupes substituants sur le noyau thiazol.

On doit savoir gré de cet effort au spécialiste suisse car la dernière mise au point sur les dérivés thiazoliques remonte, à notre connaissance, à la quatrième édition du Beilstein en 1919. Les nombreux chercheurs (organiciens, biochimistes et chimiothérapeutes...) qui s'intéressent aux composés à noyau thiazolique consulteront avec fruit cet ouvrage qui vient à son heure.

R. TRUHAUT.

Bernard PULLMAN et Mme Alberte PULLMAN. — Les théories électroniques de la Chimie organique. — Préface de M. Louis de Broglie, Masson, 1952.

Dans un ouvrage de 650 pages, dont le lecteur appréciera dès l'abord l'excellente présentation, les auteurs passent en revue les principales acquisitions de la Mécanique quantique ondulatoire, depuis ses origines jusqu'à l'époque actuelle, dans le domaine de la Chimie organique.

Dans les deux premiers chapitres, le lecteur trouvera des indications sobres, mais précises, sur les principes de la mécanique quantique, et ses applications à l'étude de la structure de l'atome. Si ces éléments suffisent à faire connaître au mathématicien averti la nature des problèmes que pose la chimie, ils ne suffiront sans doute pas à mettre le chimiste pur en mesure d'utiliser avec fruit les méthodes de calcul. La clarté de l'exposé lui permettra du moins de saisir les principes essentiels, et de se faire une idée de la complexité et du degré de rigueur des approximations employées.

Le troisième chapitre expose les conceptions modernes sur les diverses liaisons chimiques, et donne le principe des deux grandes méthodes de calcul : la méthode de la mésomérie et celle des orbitales moléculaires, pour établir la répartition électronique dans les molécules polyatomiques. Il montre comment se relient à cette répartition les principales caractéristiques de la liaison : longueur, rayon de covalence, énergie de liaison, constante de force, moment de liaison et interprète la liaison-hydrogène.

Le quatrième chapitre est consacré à l'application des deux méthodes générales à l'étude des molécules conjuguées. Dans chaque cas, le lecteur trouvera la définition des diagrammes moléculaires et des indices de structure qu'ils résument. Le problème du benzène est étudié à fond ; ceux du naphtalène, des hétérocycles, de divers dérivés de substitution, etc., sont esquissés. Un paragraphe est réservé aux perfectionnements du recouvrement. Le chapitre se termine par un bref aperçu sur l'hyperconjugaison.

Le chapitre V traite de l'énergie de résonance, qui est absorbée avec prudence, sans méconnaître les difficultés du problème. Les auteurs exami-

nent de nombreuses molécules conjuguées, et esquissent une étude du rôle de l'énergie des résonances dans quelques équilibres desmotropiques, dans l'oxydo-réduction, dans les réactions d'addition et de substitution, dans la formation des radicaux libres, et traitent à cette occasion le problème des biradicaux ; ils examinent enfin son rôle dans la force des acides et des bases azotées.

Dans le chaptire VI, le lecteur verra précisée la signification de l'indice de liaison dans les deux méthodes, et l'utilisation des courbes étalons qui relient cet indice aux distances interatomiques (courbe de Coulson). De nombreux diagrammes sont établis ; les relations entre l'indice de liaison, énergie de liaison, constante de force, refractivité, dépréciation magnétique sont exposées.

Le chapitre VII relie le moment dipolaire à la distribution des charges dans le diagramme moléculaire. Les auteurs ne dissimulent pas les difficultés du problème et examinent de nombreux exemples.

Le chapitre VIII traite des relations entre la structure et l'absorption dans les régions ultra violet-visible. La résonance abaisse généralement l'énergie de l'état fondamental, et aussi celle du premier état excité ; si ce dernier est plus profondément affecté, la conjugaison produit un effet bathochrome (hypsochrome dans le cas contraire). Quelques calculs vérifient l'exactitude de ce principe, et montrent l'insuffisance des considérations purement qualitatives. Un paragraphe examine la difficile question de l'intensité d'absorption.

Le chapitre IX est relatif au diamagnétisme des composés aromatiques. Ce chapitre est très théorique, mais l'étude assez qualitative de quelques exemples montre que de nombreuses inconnues subsistent.

Le dernier chapitre est consacré à l'utilisation des diagrammes moléculaires et à la prévision de la réactivité. En admettant les mécanismes réactionnels préconisés par l'Ecole anglo-saxonne, les auteurs montrent que la réactivité est plus directement liée à la polarisabilité qu'à la polarisation de la molécule au repos. Le problème n'est donc simple que dans la mesure où ces grandeurs varient parallèlement ; il est, dans l'ensemble, fort complexe.

Un appendice enfin rassemble de nombreuses données énergétiques utiles au chimiste théorique.

L'ouvrage de M. et Mme Pullman est, pour le spécialiste, un guide précieux : une bibliographie abondante lui permettra d'étudier plus à fond les problèmes qui n'ont été qu'effleurés ; presque tous ont été abordés.

Le chimiste pur lira avec fruit ce livre. Peut-être sera-t-il dépassé par le caractère technique de certains chapitres ; ceux ci ne constituent pas la majeure partie de l'ouvrage. Les idées essentielles contenues dans les autres lui seront facilement accessibles, grâce peut-être à des images commodes qu'il forgera, encore que la théorie les réprouve. Il reconnaîtra même sans doute, dans la terminologie nouvelle, des concepts qui lui sont familiers. Il sera parfois capable d'appliquer, tout au moins qualitativement, les nouvelles techniques aux problèmes précis qui le préoccupent. Les auteurs lui ont assez recommandé la prudence pour lui éviter les raisonnements trop simplistes et les généralisations trop hardies.

Certains seront peut-être incrédules ou déçus : incrédules parce qu'ils ne pourront apprécier le degré d'approximation des méthodes employées, et s'étonneront sans doute du trop grand nombre d'éléments à prendre en considération, évoquant parfois l'arbitraire ; déçus parce qu'ils constateront que les fonctions les plus simples, les fonctions acycliques, les molécules saturées tiennent bien peu de place vis-à-vis des polycycles plus ou moins conjugués dont ils ignorent parfois jusqu'au nom, dont l'existence est parfois hypothétique, mais que le calcul traite bien plus facilement que l'alcool éthylique ou l'acétone.

Mais il ne s'agit pas de faire ici le procès de la Chimie théorique ; elle est ce qu'elle est : un immense espoir auquel il n'a été jusqu'ici, que très partiellement répondu. M. et Mme Pullman en ont résumé l'aspect dans un livre attrayant, écrit dans un style agréable, à la portée du chimiste.

Ils ont donc pleinement réussi dans leur entreprise.

Ch. PRÉVOST.

T. REIS. — Introduction à la Chimie-Physique des Surfaces. — Tome I : Liquides. — 1 vol. relié toile 16 × 25 cm., 288 pages, 126 figures, Dunod, Paris (1952). Prix : 2.400 francs.

Les phénomènes qui se produisent aux surfaces de séparation entre phases hétérogènes, ont une importance primordiale dans les domaines les plus variés : biologie, physico-chimie, chimie industrielle. Cependant, si les études relatives à la chimie physique des surfaces ont fait l'objet de recherches extrêmement nombreuses, leur publication se trouve dispersée, du fait même de la diversité des disciplines qui ont à connaître les phénomènes superficiels. Un regroupement de ces travaux donnant une vue d'ensemble et actuelle de la question s'imposait. M. Reis vient de combler une lacune dans notre littérature scientifique. Son ouvrage met à jour une vaste documentation tant théorique qu'expérimentale en l'ordonnant clairement.

L'ouvrage est divisé en cinq parties principales.

I. **L'état liquide,** expose les conceptions structurales modernes.

II. **Les états mésomorphes,** rappelle les diverses formes transitoires entre l'état solide et l'état liquide.

III. **La surface des liquides,** aborde l'étude des propriétés caractéristiques des surfaces des liquides en général, puis celles des solutions.

IV. **Les couches monomoléculaires des substances insolubles,** chapitre important où l'on voit entre autres le parti que la chimie biologique a tiré de cette physique à deux dimensions, en précisant la structure de molécules complexes comme celle du cholestérol, ou celle de l'acide phtioïque, l'un des constituants toxique, isolé du bacille de Koch.

V. **L'interface entre deux liquides,** nous montre que beaucoup de problèmes pratiques dépendent des phénomènes apparaissant à la surface de séparation entre deux liquides. Les tensions interfaciales interviennent, par exemple, dans la lyse cellulaire, d'elles dépend l'action des narcotiques, la lubrification, le tannage. Les phénomènes électriques aux surfaces de passage entre deux phases hétérogènes, expliquées par l'accumulation de charges électriques sur ces surfaces, sont l'objet d'études et d'applications variées : mouvement de liquides sans un champ électrique (endosmose, électrophorèse) électrisation des liquides par simple écoulement ou par pulvérisation (ballo-électricité), phénomènes électrocapillaires, dont l'une des fructueuses applications à la chimie analytique est la polarographie qui permet l'analyse rapide de mélanges complexes, ou le dosage de faibles traces.

Figures, tables numériques et schémas illustrent abondamment les exposés. On trouvera en outre, à la fin du volume, des tableaux numériques complémentaires et une bibliographie groupant plus de 1.200 références.

P. DUPONT.

ROCHOW (E. G.). — Introduction à la chimie des silicones. — In-8° (15 × 24) de X-128 pages. Edit. Dunod, Paris, 1952.

La connaissance des corps organo-siliciés, tel est le but de cet ouvrage, aperçu substantiel à l'usage des chimistes, des ingénieurs et des industriels.

Dans les premiers chapitres sont passés en revue les silanes et leurs dérivés, d'une manière assez détaillée, pour permettre la compréhension de la chimie, des composés du silicium autres que les silicates.

Dans les derniers chapitres, l'auteur insiste sur les polymères, des silicones qui ont acquis une importance industrielle, en exposant les méthodes de préparation, les propriétés physiques et chimiques et les usages.

Une bibliographie complète des composés organiques du silicium s'intégrerait difficilement dans un ouvrage destiné aux non-spécialistes. Cependant de nombreuses références ont été mentionnées et des tables comprenant la plupart des composés connus ont été annexées aux chapitres correspondants.

L'ouvrage de M. Eugène G. ROCHOW, Associate Professor of Chemistry, Harward University, a été traduit en français par M. G. CHAPAS, Professeur à la Faculté Catholique des Sciences de Lyon. Il fait l'objet d'une préface élogieuse de M. G. CHAMPETIER, Professeur à la Sorbonne.

Ouvrage écrit dans un style qui rend sa lecture aisée et qui permettra aux lecteurs français d'être mis au courant des dernières nouveautés sur les silicones.

E. CATELLAIN.

Jean ROSTAND. — Les origines de la Biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani. — 1 vol. 284 p., Farquelle, édit., Paris, 1951.

Il n'est pas un étudiant en sciences, pas un homme cultivé qui n'ait, au cours de ses études, entendu prononcer le nom de Spallanzani. Tous auront le plus grand plaisir à lire le passionnant ouvrage de Jean Rostand, où sont retracées les grandes étapes de la vie et de l'œuvre de celui de qui Voltaire disait qu'il était le meilleur observateur de l'Europe. Ce génial expérimentateur, cet habile physiologiste a abordé tous les grands problèmes de la Biologie avec une largeur de vue peu commune à son époque : animalcules des infusions, régénération animale, phénomènes de reviviscence, hybridation, comportement des Chauve-Souris aveuglées, dégertion artificielle, respiration des tissus et généralité du phénomène respiratoire, circulation sanguine, fécondation, insémination artificielle. Toujours, et bien souvent avec des moyens rudimentaires, ses remarquables travaux ont abouti à des découvertes profondes et durables. Avec Spallanzani, c'est aussi toute l'histoire de la Biologie au XVIII[e] siècle que nous fait vivre l'auteur. Nous sommes persuadés du brillant succès de son ouvrage.

R. CAVIER.

SMITH, Gilbert M. — Manual of Phycology. — An Introduction to the Algae and their Biology (avec la coopération de 17 autres auteurs). « A new **Series of Plant Science Books** », editd by Frans Verdoorn, vol. XXVII. Waltham, Mass. (U. S. A.), edit. The Chronica Botanica C°, dollars : 7,50, à Paris, VI, Libr. Raymann, 17, rue de Tournon. 1 vol., XII-375 p., 48 pl. et fig.

Ce livre est le « symétrique » du **Manual of Bryology** et du **Manual of Pteridology** édités, il y plusieurs années, par F. Verdoorn, chez Nijhoff (La Haye). Par les question qui y sont exposées, il n'intéressera pas seulement les Algologues, mais aussi les botanistes non spécialisés et les biologistes en général.

L'éditeur a attribué à chaque auteur un certain nombre de pages, chaque auteur restant absolument libre des divisions qu'il jugeait opportun de faire à l'intérieur de son chapitre. Un laps de temps fort long a été nécessaire pour préparer cet ouvrage (comme tous ceux dus à une large coopération) : il eut été souhaitable de mettre à jour des dernières découvertes, certains chapitres entièrement rédigés dès 1948, mais l'éditeur fait remarquer que ces modifications auraient encore considérablement retardé la parution de cet ouvrage dû à 18 auteurs.

Chaque chapitre est suivi d'indications bibliographiques où figurent les noms de quelques Français (notamment Sauvageau et Thuret). Une courte histoire de l'Algologie est suivie de l'exposé relatif à la Classification des Algues. Consacrés chacun à l'étude d'un des grands « groupes » (**Chlorophyta, Euglenophyta, Phœophyta, Rhodophyta**), les chapitres 5 à 9 traitent de la structure, reproduction et classification, les auteurs faisant ressortir les traits particuliers (structure cellulaire, appareils locomoteurs, cycles de reproduction, etc.). Les ch. 10 à 17 et les 2 appendices traitent de sujets généraux : Algues fossiles, Cytologie, Sexualité, Pigments, Physiologie et Biochimie, Ecologie des Algues d'eau douce, Ecologie des Algues marines (ch. dû à J. Feldmann, Me de Conf. à la Faculté des Sciences de Paris), Plancton, méthodes de culture et microtechnique. Le plus grand soin a été apporté à la présentation (typographie, mise en page, tableaux, illustration), comme c'est toujours le cas pour les ouvrages édités par les soins de F. Verdoorn.

Paul JOVET.

Victor THÉBAULT. — Les Récréations mathématiques (parmi les nombres curieux avec des notes de A. Buquet). — Un vol. 298 p., Paris, 1952. Gauthier-Villars, Edit. Prix : 2.500 francs.

M. Victor Thébault publie depuis de nombreuses années dans divers périodiques de mathématiques élémentaires français ou étrangers des curiosités arithmétiques sous formes de notes ou de questions proposées. Un large choix de ces problèmes et de leurs solutions rassemblés ici, constitue une anthologie remarquable des propriétés curieuses que peuvent présenter des nombres ou des groupes de nombres associés, tout au moins lorsque l'on assujetti ceux-ci à n'être formés qu'avec un nombre limité de chiffres. Il est certain que ces problèmes, dans lesquels les nombres cherchés sont caractérisés par des symétries ou des régularités de forme ou de structure, éveillent l'intérêt des étudiants et sont susceptibles de faciliter la tâche des professeurs dans l'enseignement de l'arithmétique. L'ouvrage de M. V. Thébault intéressera non seulement les esprits curieux mais aussi un grand nombre d'élèves des classes terminales de l'enseignement secondaire. Les problèmes posés, résolus et discutés par M. Thébault, portent notamment sur la structure et les propriétés des nombres constitués avec des chiffres différents, sur les propriétés de carrés et de cubes remarquables, sur des particularités de structure de nombres écrits dans différents systèmes de numération, sur la structure des carrés, sur les propriétés présentées par les tables d'addition et de multiplication, sur les nombres premiers, sur les chiffres des carrés parfaits, sur des nombres cycliques et des nombres dont les chiffres sont intervertis, sur les nombres de Pythagore, sur des classes de carrés et de cubes parfaits remarquables, sur des classes de nombres entiers associés à leurs puissance, sur une équation en nombre entiers, sur quelques arithmo-triangles, etc.

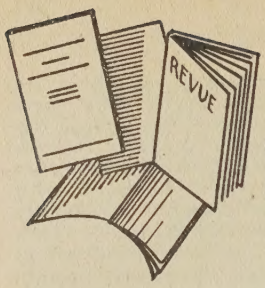
La résolution des problèmes examinés est facilitée par des tables donnant les carrés des nombres entiers de 1 à 1.000 dans les systèmes de numération de bases B = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12.

Deux notes de M. A. Buquet, sur l'équation de Pell-Fermat et sur quelques cas simples d'arithmotriangle complètent cet ouvrage.

Après la lecture du livre de M. V. Thébault, nous ne pouvons que nous joindre à l'hommage qui lui fut rendu il y a quelques années par le périodique américain The American Mathematical Monthly.

G. PETIAU.

Dépôt légal 2e trimestre 1952 : n° 5325. Le Gérant : R. CONSTANS.
Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 880 - 5-52.



LES REVUES

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUE FRANÇAISE

ATOMES, n° 74, mai 1952.

P. COUDERC : Photographie et Astronomie. — **M. FAURE-GEORS :** Les possibilités de l'amateur. — **Dr R. BATISSE :** Où en est le traitement de la surdité. — **E. T. FAGAL :** Laboratoire d'essais et de mise au point des moteurs d'aviation.

ATOMES, n° 75, juin 1952.

P. AUGER : Dynamisme du Progrès scientifique et technique. — **J. NOUGARO et A. H. HOUPEURT :** Le forage des puits et la production des hydrocarbures. — **A. PACAULT :** Du magnétisme terrestre à l'investigation magnétique. — **H. SAINT GIRONS :** La vie et les mœurs des vipères de France — La Télévision dans la science et la technique.

LA NATURE, n° 3.205, mai 1952.

L. BERLAND : Les Mygales et leurs terriers. — **P. DEVAUX :** Laminoirs géants à tôles « en continu ». — **L. BONNET :** Les dangers de l'emploi de certains ustensiles culinaires. — **F. de LABORDERIE :** Avions de chasse à réaction français. — **L. BALSAN :** La Grotte de Saint-Pierre (Aveyron). — **Y. LE GRAND :** L'accomodation. — **A. SENET :** Le Bothriocéphale. — **H. LAGARDE :** Le soudage à l'argon.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 20 avril 1952.

J. F. FULTON : André Vésale, fondateur de l'anatomie moderne. — **O. COSTA de BEAUREGARD :** Quelques aspects de l'irréversibilité de temps dans la physique classique et quantique. — **R. LAVOCAT :** La dérive des espèces. — **P. de PLAEN :** L'évolution des conceptions actuelles en radiobiologie cellulaire. — **G. L. DROPSY :** Phytopharmacie (suite et fin).

SCIENCES ET AVENIR, n° 65, juillet 1952.

Le mystère des 4.000 menhirs de Carnac. — 300 ans avant l'ère industrielle, Léonard de Vinci invente le roulement à bille, le différentiel, etc. — L'isolette permet de sauver les nouveau-nés qui pèsent le cinquième du poids normal. — Les coquillages, alliance de la fleur et du cristal. — Révolution dans les transports de courant : après les 220.000 volts, voici des lignes d'un million de volts. — Perdu dans la mer Caraïbe, un îlot de 500 mètres de long abrite 100.000 oiseaux. — Les physiciens ont démontré qu'en été la température de la France devrait être de 150° centigrades.

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

EXPERIENTIA, Vol. VIII, fasc. 5, mai 1952.

M. MATSCHINSKY : Sur la symétrie de certains types de groupements cristallins. — **G. V. SCHULZ :** Molekulgrossenbestimmungen an makromolekularen Stoffen (Kritik und Vergleich der Methoden).